



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“Plan de mantenimiento basado en la metodología tpm para  
incrementar la productividad de los buses en la empresa  
transporte Chiclayo – 2019”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

Br. Álvarez Guevara Leonidas (ORCID: 0000-0002-5574-861X)

**ASESOR:**

Mg. Celada Padilla James Skinner (ORCID: 0000-0003-1389-4093)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y Planes de Mantenimiento

**CHICLAYO - PERU**

**2019**

## **Dedicatoria**

Este trabajo de investigación se lo dedico a toda mi familia que siempre confió en mí en especial a mi Padre y Madre que siempre estuvieron conmigo en los buenos y malos momentos brindándome todo su apoyo y aconsejándome para ser una persona de bien y poder lograr mis metas y objetivos propuestos.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradecer a dios por estar siempre conmigo por cuidarme y guiarme por el buen camino dándome fuerzas para salir adelante y poder culminar mi carrera como ingeniero.

A mi familia por apoyarme siempre en todo momento, por brindarme sus consejos y por corregirme para hacer una persona de bien.

A la Universidad Cesar Vallejo por brindar a los estudiantes una excelente educación y permitir a los jóvenes hacer realidad su sueño como profesional.

## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice .....	iv
Resumen .....	ix
Abstracts.....	x
<b>I. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>II. Marco Teórico.....</b>	<b>4</b>
<b>III. Metodología.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2. Variables y operacionalización .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3. Población, Muestra y muestreo .....</b>	<b>10</b>
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>11</b>
<b>3.5. Procedimientos .....</b>	<b>11</b>
<b>3.6. Método de análisis de datos.....</b>	<b>12</b>
<b>3.7. Aspectos éticos.....</b>	<b>12</b>
<b>IV. Resultados.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1. Determinar el estado actual de las actividades de mantenimiento y disponibilidad de los buses en la empresa Transporte Chiclayo .....</b>	<b>13</b>
<b>4.2. Diseñar el plan de mantenimiento basado en la metodología TPM en la empresa Transporte Chiclayo.....</b>	<b>46</b>
<b>4.3. Calcular como el plan de mantenimiento basado en la metodología TPM optimiza el funcionamiento de los buses en la empresa Transporte Chiclayo.....</b>	<b>55</b>
<b>4.4. Realizar una evaluación económica de la propuesta, utilizando indicadores tales como VAN y TIR para determinar la viabilidad del proyecto .....</b>	<b>68</b>

<b>V. Discusión .....</b>	<b>72</b>
<b>VI. Conclusiones.....</b>	<b>73</b>
<b>VII. Recomendaciones.....</b>	<b>74</b>
Referencias.....	75
Anexos.....	77

## Índice de tablas

Tabla 1: Registro de MTBF y MTTR.....	14
Tabla 2: Frecuencia de valores de MTBF.....	15
Tabla 3: Frecuencia Acumulada.....	16
Tabla 4: Frecuencia de valores de MTTR .....	17
Tabla 5: Frecuencia Acumulada.....	18
Tabla 6: Cálculo de Disponibilidad Actual de los Buses .....	20
Tabla 7: Registro de Número de Veces de Ingreso de Buses a Taller de Reparación .....	24
Tabla 8: Número de servicios atendidos 2018 .....	26
Tabla 9: Valores de MTBF para buses Volvo Año 2018 .....	29
Tabla 10: Cálculo de la confiabilidad Actual Buses Volvo, Año 2018 .....	30
Tabla 11: Reemplazando los valores .....	35
Tabla 12: Valores buses Scania.....	37
Tabla 13: Cálculo de la confiabilidad Actual Buses Scania, Año 2018 .....	38
Tabla 14: Confiabilidad .....	44
Tabla 15: Programa de Plan de Mantenimiento Diario .....	50
Tabla 16: Programa de Plan de Mantenimiento cada 300 Hrs o 10.000 km ....	51
Tabla 17 Programa de Plan de Mantenimiento cada 600 Hrs ó 20.000 km .....	52
Tabla 18: Programa de Plan de Mantenimiento cada 900 Hrs o 30.000 km ....	53
Tabla 19 Programa de Plan de Mantenimiento cada 1200 Hrs o 40.000 km ...	54
Tabla 20: Disminución del número de ingresos al Taller de los Buses .....	56
Tabla 21: Tiempos Promedios de Mantenimiento Preventivo.....	57
Tabla 22: Nuevo valor de MTTR .....	58
Tabla 23: Nuevo valor del MTBF.....	59
Tabla 24: Nuevo valor de la Disponibilidad $D(n)$ .....	60
Tabla 25: Incremento de la disponibilidad .....	61
Tabla 26: Mediana .....	63
Tabla 27: Confiabilidad valores .....	64
Tabla 28: MTBF .....	65
Tabla 29: MTBF SCANIA.....	67
Tabla 30: Inversión Inicial del Proyecto.....	68
Tabla 31: Flujo de caja .....	69

Tabla 32: Cálculo de los Ingresos actualizados al mes cero .....	70
Tabla 33: Cálculo de la Tasa Interna de Retorno .....	71

## Índice de figuras

Figura 1: Pilares del Mantenimiento .....	6
Figura 2: Metodología basada en el TPM.....	6
Figura 3: Curva de la Bañera .....	7
Figura 4: Mantenimiento de clase mundial .....	9
Figura 5: Valores de disponibilidad de los 25 Buses de la Empresa de Transportes Chiclayo .....	22
Figura 6: Número de veces de ingreso de Buses a Taller de Reparación de Empresa Transportes Chiclayo Año 2018 .....	25
Figura 7: Porcentajes de servicios por fallos de sistemas en Buses Transportes Chiclayo .....	27
Figura 8: Confiabilidad .....	36
Figura 9: Confiabilidad buses Scania .....	45
Figura 10: Organización del área de mantenimiento de buses .....	47
Figura 11: Incremento de la disponibilidad .....	62
Figura 12: Confiabilidad valores .....	65



## Resumen

El presente trabajo de investigación denominado: PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA TPM PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LOS BUSES EN LA EMPRESA TRANSPORTE CHICLAYO – 2019, tiene como objetivo que la empresa Transportes Chiclayo de dedicado al transporte interprovincial de pasajeros, incremente su productividad y de esa manera la rentabilidad de la empresa; para lo cual se hace un análisis de la aplicación de la metodología del mantenimiento productivo total, con sus seis pilares, en el que se logra determinar la mejora de la productividad.

El trabajo de investigación empieza con el análisis de la situación actual, en cuánto al funcionamiento de los 25 buses de la marca sacania y volvo, que son los que cuenta la empresa, de los cuales se tiene registrado los tiempos entre fallos, los tiempos de reparación, el número de paradas, así como también las fallas más comunes que ocurren en los diferentes sistemas de los buses.

Luego se determina los valores de disponibilidad y confiabilidad actual; la disponibilidad se determina con los tiempos de funcionamiento, de fallos y el número de paradas, mientras que el valor de la confiabilidad del funcionamiento de los buses, se determina con el análisis de weibull, que es un análisis probabilístico que determina la probabilidad de ocurrir una falla, a partir de los datos de disponibilidad, analizados por separado, es decir los buses volvo y los buses Scania.

Finalmente, se realiza el análisis económico, para lo cual se utiliza indicadores tales como el valor actual neto, la tasa interna de retorno, dentro de un periodo determinado, para determinar la viabilidad de ejecución de la presente propuesta.

**Palabras clave:** Análisis de Weibull, Disponibilidad, confiabilidad.

## **Abstracts**

The present research work called: MAINTENANCE PLAN BASED ON THE TPM METHODOLOGY TO INCREASE THE PRODUCTIVITY OF THE BUSES IN THE COMPANY TRANSPORTE CHICLAYO - 2019, aims that the company Transports Chiclayo dedicate itself to interprovincial passenger transport, increase its productivity and thus the profitability of the company; for which an analysis is made of the application of the total productive maintenance methodology, with its six pillars, in which it is possible to determine the improvement of productivity.

The research work begins with the analysis of the current situation, regarding the operation of the 25 buses of the Scania and Volvo brand, which are the ones that the company has, of which the times between failures, the times of repair, the number of stops, as well as the most common failures that occur in the different bus systems.

Then the current availability and reliability values are determined; availability is determined with the operating times, failures and the number of stops, while the value of the reliability of the operation of the buses is determined with the weibull analysis, which is a probabilistic analysis that determines the probability of occurrence a fault, from the availability data, analyzed separately, ie volvo buses and Scania buses.

Finally, the economic analysis is carried out, for which indicators such as the net present value and the internal rate of return are used, within a given period, to determine the feasibility of executing this proposal.

**Keywords:** Weibull analysis, Availability, reliability.

## **I. Introducción**

Actualmente, las empresas de transporte público de pasajeros interprovincial, atraviesan situaciones complicadas en lo que respecta al mantenimiento de sus unidades vehiculares, debido fundamentalmente a la falta de organización, de planificación y de visión del servicio, por lo cual, muchas de ellas tienen alto índice de disponibilidad de sus unidades, en consecuencia, bajos índices de rentabilidad.

El transporte por carretera desde las ciudades del Norte del Perú, hacia la capital de la República, es el de mayor incidencia, teniendo entre 80 y 120 buses cada día que realizan la ruta Chiclayo – Lima y Viceversa, para lo cual utilizan unidades que datan del año 1998 hasta la actualidad; de diferentes marcas y modelos; y los reportes de unidades que salen de servicio, están vinculadas a fallos en los sistemas del vehículo.

El Organismo Supervisor de Transporte, en las supervisiones diarias que realiza, toma en cuenta el estado de funcionamiento de los principales sistemas, pero no realizan mediciones de los parámetros de funcionamiento, es por ello, que los fallos que ocurren en la carretera, son principalmente al motor de combustión interna, que no tiene una bitácora de mantenimiento preventivo, y que solo se realiza mantenimiento correctivo, después de haber ocurrido el incidente.

En la Empresa de Transportes Chiclayo, cuenta con un taller mecánico, en el cual se realizan las reparaciones de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos de los buses, y se hacen las programaciones de utilización de las unidades, en función al estado en que se encuentran; es decir si presentan fallos, las unidades no son programadas para servicio, y el tiempo que demoran en reparación en el taller, no está definida, debido a factores de falta de repuestos, planificación del mantenimiento, problemas de índole administrativo, etc.; todo ello finalmente contribuye a tener menor disponibilidad de unidades para el servicio.

Así mismo, la falta de planificación en el mantenimiento, se evidencia más aún, cuando las unidades vehiculares quedan “varadas” en la carretera, y no se tiene personal para ir a dicho lugar a superar la falla, así mismo no se tiene el equipamiento mínimo necesario para ello, y en algunas ocasiones, se ha tenido que solicitar servicio a terceros, a fin de reparar la avería; todo ello conlleva a que disminuya la imagen de la empresa hacia la sociedad en cuanto a la calidad del servicio ofertado.

Se formula la investigación: Cómo incrementar la productividad de los buses si se implementa un plan de mantenimiento basado en la metodología TPM en la Empresa de Transportes Chiclayo.

La investigación se justifica económicamente, porque al tener un plan de mantenimiento, los buses tendrán una mayor disponibilidad de uso, por lo tanto, incrementarán la frecuencia de viajes, con mayores utilidades a la empresa de transportes; así mismo se justifica socialmente la implementación de éste plan de mantenimiento, porque al disminuir las averías en los sistemas de los vehículos, los usuarios viajarán de forma óptima y confortable.

Técnicamente, se justifica debido a que la planificación de un mantenimiento, disminuye las averías en los sistemas, debido a que es posible mediante las mediciones de sus parámetros de funcionamiento de los diferentes mecanismos y circuitos de los buses, se predice la tendencia de dicha variable, y la estimación de su vida útil.

En el ámbito ambiental, los motores de los buses, a los cuales se realice un plan de mantenimiento preventivo, éste tendrá valores cercanos al de la eficiencia nominal del motor, por lo tanto, los niveles de emisiones disminuyen a medida que el motor funcione con sus parámetros nominales de funcionamiento.

El objetivo general de la investigación es de realizar un plan de mantenimiento basado en la metodología TPM para incrementar la productividad de los buses en la empresa transporte Chiclayo, para lo cual, se trazaron cuatro objetivos específicos, que son:

- Determinar el estado actual de las actividades de mantenimiento y disponibilidad de los buses en la empresa Transporte Chiclayo.
- Diseñar el plan de mantenimiento basado en la metodología TPM en la empresa Transporte Chiclayo
- Calcular como el plan de mantenimiento basado en la metodología TPM optimiza el funcionamiento de los buses en la empresa Transporte Chiclayo.
- Realizar una evaluación económica de la propuesta, utilizando indicadores tales como VAN y TIR para determinar la viabilidad del proyecto.

La hipótesis de la investigación es: el plan de mantenimiento basado en la metodología TPM determina el incremento de la productividad de los buses en la empresa transporte Chiclayo.

## **II. Marco Teórico**

Existen investigaciones realizadas en diferentes empresas en implementar planes de mantenimiento con la metodología TPM, los cuales buscan incrementar de acuerdo al giro del negocio de la empresa, la productividad; en el caso de las empresas de transportes, las investigaciones realizadas, buscan incrementar la productividad, incrementando la disponibilidad y la confiabilidad de las unidades vehiculares. Entre las investigaciones analizadas se tiene:

Maya (2018), en su tesis denominada: Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM, presentada a la Universidad Nacional de Colombia, presenta el siguiente resumen:

Propone el desarrollo del mantenimiento centrado en Confiabilidad o Reliability Centered Maintenance (RCM) usando como estrategia el establecimiento de la metodología TPM (del inglés Total Productive Maintenance), en particular, la implementación de mantenimientos preventivos e integración de sistemas de gestión relacionados con todos los aspectos de la producción de galletas en la empresa. Con esto, se esperaba dar una nueva orientación a los planes actuales de mantenimiento preventivo y programado del área, permitiendo buscar el diseño y la planeación de nuevos programas de mantenimiento basado en condición (MBC).

(Chunga, 2017) en su informe de Investigación, denominado: Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir las fallas de los buses Golden Dragon de la UNALM, en la ciudad de Lima 2017, presentado a la Universidad Tecnológica del Perú, presenta el siguiente resumen

El informe de suficiencia profesional está constituido por cinco capítulos de los cuales, el primer capítulo habla sobre toda la fundamentación y los objetivos referentes al problema que se investiga. En el segundo capítulo se encuentra el marco teórico que nos sirvió de sustento e incluye todos los conceptos cercanos a este proyecto que se implementó. En el tercer capítulo se refiere el marco metodológico con el cual se trabajó. En el cuarto capítulo se muestra la

metodología de solución del problema donde se hace mención del análisis situacional, las posibles alternativas de solución al problema, el desarrollo de la solución del problema, los recursos necesarios y el análisis económico. En el quinto capítulo se hace un análisis de los resultados esperados que se obtuvo con la implementación de este proyecto.

Osorio (2013), en su tesis denominada: Propuesta de un plan de mantenimiento para aplicar a la flota de vehículos de la Universidad Autónoma del Caribe, tiene en su resumen:

Lo que se refiere a los mantenimientos de su parque automotor, la Universidad no cuenta con un modelo o plan de mantenimiento estipulado con sus respectivos soportes y formatos básicos con lo que el departamento de mantenimiento maneje adecuadamente la información, por lo que deben crearse documentos adicionales como hojas de vida, listas de chequeo y ordenes de trabajo entre otras, que faciliten la captura, proceso, análisis y toma de decisiones, con una mejor información de la evolución del sistema en análisis.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología Lean Manufacturing de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas.

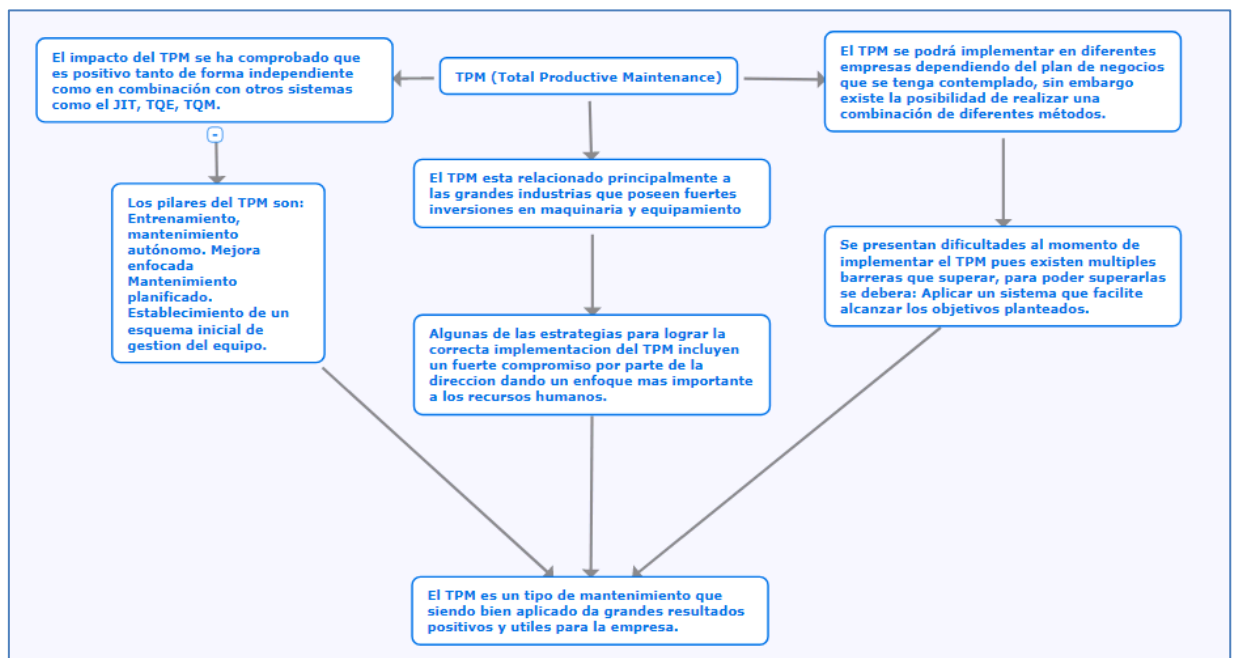
Cuando se hace referencia a la participación total, esto quiere decir que las actividades de mantenimiento preventivo tradicional, pueden efectuarse no solo por parte del personal de mantenimiento, sino también por el personal de producción, un personal capacitado y polivalente

Los pilares del TPM, se pueden observar en la figura 1, en el cual son 8 pilares, siendo las mejoras enfocadas, el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado, el mantenimiento de calidad, la prevención del mantenimiento, el mantenimiento de áreas de soporte, la polivalencia y desarrollo de habilidades, y la seguridad en el entorno.



**Figura 1: Pilares del Mantenimiento**

El mantenimiento productivo total, es un tipo de mantenimiento que siendo bien aplicado da resultados positivos y útiles a las empresas.



**Figura 2: Metodología basada en el TPM**

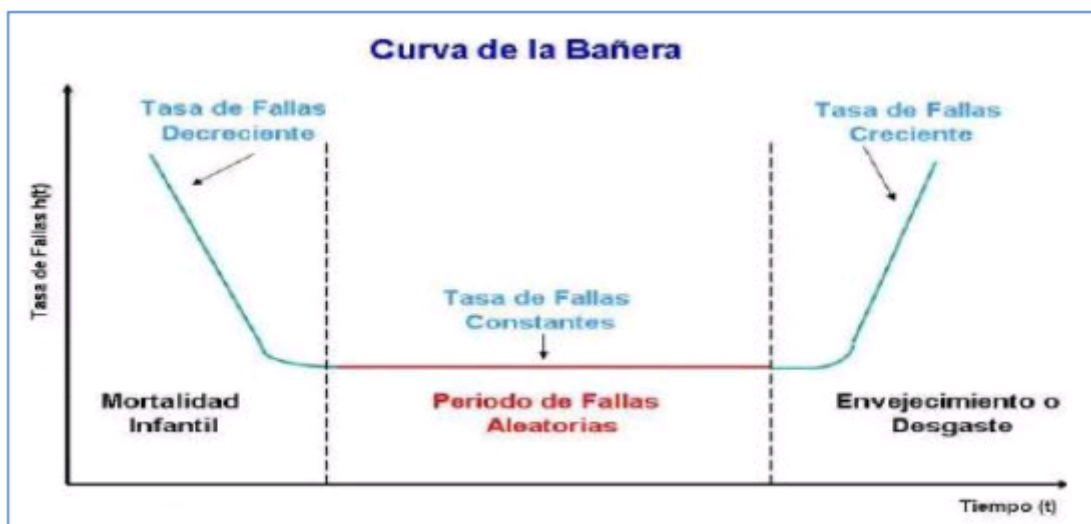
Nuevas investigaciones están cambiando las creencias referidas a la relación entre la edad y las fallas. En particular, parece haber cada vez menos conexión entre la edad del equipo y la probabilidad de que éstos fallen. Con



lo cual se revelan, no uno, sino seis patrones de falla que realmente ocurren en la práctica, los cuales tienen un profundo efecto sobre el mantenimiento.

El “Mantenimiento Total de la Producción” debe entenderse como una herramienta para maximizar la efectividad del equipo, esto incluye perseguir la eficiencia económica ó rentabilidad. La filosofía, desarrollada por Seiichi Nakajima en Japón, atribuye un alto valor al trabajo en equipo, a los proyectos realizados por un acuerdo establecido en común y a una mejora constante

En los primeros días de la adquisición de los repuestos de los sistemas de las unidades, al no tenerse conocimiento certero de su funcionamiento, se tiene un número elevado de averías, sin embargo a medida que se van conociendo a cabalidad su funcionamiento, el número de averías disminuye. Transcurrido un cierto tiempo, el número de averías se incrementa, debido a la longevidad de los sistemas. Esto se explica en la denominada curva de la bañera.



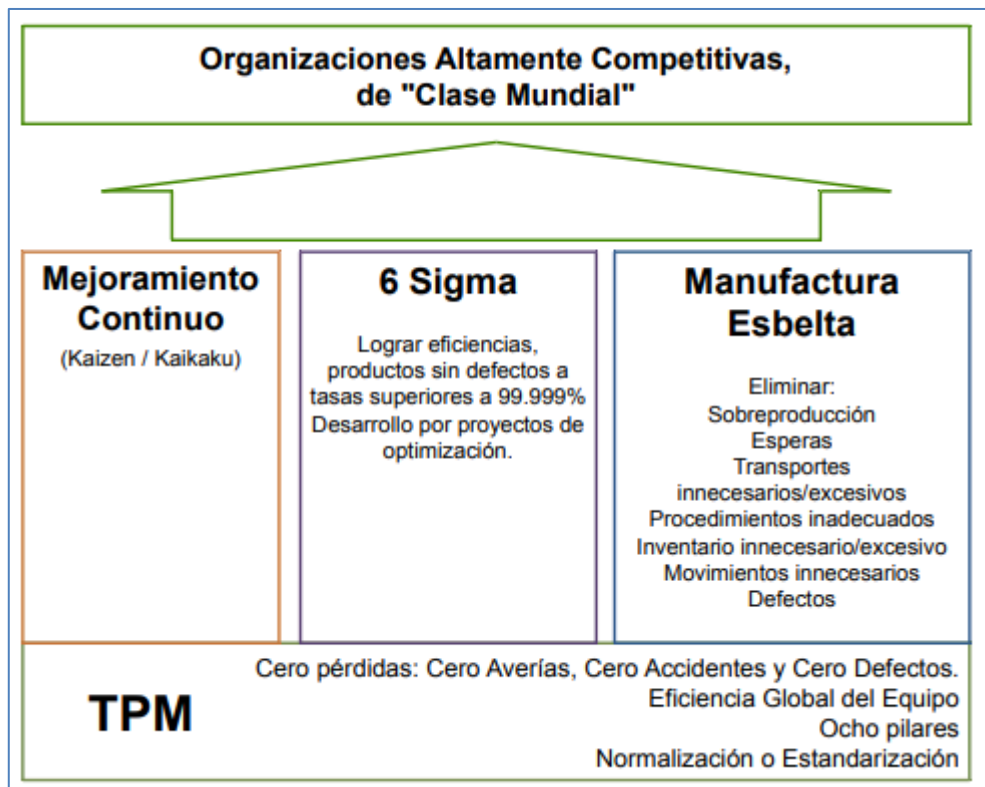
**Figura 3: Curva de la Bañera**

El análisis de Weibull es la técnica mayormente elegida para estimar una probabilidad, basada en datos medidos o asumidos. La distribución de Weibull descubierta por el sueco Walodi Weibull, fue anunciada por primera vez en un escrito en 1951. La distribución de Weibull es útil por su habilidad

para simular un amplio rango de distribuciones como la Normal, la Exponencial, etc. Las técnicas discutidas en la distribución de Weibull son similares a las usadas con las distribuciones Normal y LogNormal. La función de densidad de la distribución de Weibull para la variable aleatoria  $t$  está dada por la siguiente expresión.

$$f(x; \lambda, k) = \begin{cases} \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-(x/\lambda)^k} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

La metodología TPM aumenta la competitividad de la organización, dando resultados concretos mediante la eliminación de los problemas que aumentan los costos en toda la cadena de producción, al mismo tiempo es útil como base para aplicar otras metodologías o herramientas de manufactura esbelta, que aumentan la flexibilidad y agilidad para competir en los mercados y apoyándose en el talento de las personas, al propiciar el trabajo conjunto y en pos de objetivos comunes.



**Figura 4: Mantenimiento de clase mundial**

### **III. Metodología**

#### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación**

**Tipo de Investigación:** Aplicada

Porque busca resolver el problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo científico.

**Diseño de la Investigación:** Diseño No experimental.

Es no experimental porque la investigación se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para analizarlos con posterioridad.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

Variable independiente: Plan de Mantenimiento Basado en la Metodología Tpm.

Variable dependiente: Productividad de los Buses en la empresa Transporte Chiclayo.

El cuadro de operacionalización de variables se detalla en el anexo 1.

#### **3.3. Población, Muestra y muestreo**

Población : Buses de la Empresa Transportes Chiclayo.

Muestra : 25 Buses con mayor frecuencia de ingreso a taller mecánico.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

En esta investigación se aplicaron las técnicas de recolección de datos: Observación y análisis documental.

La técnica de la observación, es una técnica de investigación que consiste en observar la frecuencia del ingreso de los buses al taller mecánico, teniendo en cuenta las averías de los principales sistemas de los buses.

El Análisis Documental fue en lo referente al funcionamiento de los motores de combustión interna, sistema dirección suspensión y frenos, sistema eléctrico, sistema de control electrónico. Además de los conceptos de disponibilidad, confiabilidad, mantenimiento productivo total.

#### **Instrumentos de Recolección de Datos:**

Guías de observación de campo:

Registro de MTBF y MTTR

Registro de Número de Veces de Ingreso de Buses a Taller de Reparación.

La validez de los instrumentos fue aprobada por tres especialistas en el área, quienes verificaron bajo que parámetros estará el diseño realizado.

### **3.5. Procedimientos**

Los registros del MTTR y MTBF, se obtuvieron de la información de los servicios del personal de taller, que reportan al área administrativa.

En cuanto al registro de los datos del número de averías, esto se hizo con un formato, en el cual, el personal mecánico del taller de la empresa de transportes Chiclayo, registraron los datos de los sistemas que presentan averías y la frecuencia de ellos; además se constató dicha información con los reportes de las requisiciones de servicios, y órdenes de compras de repuestos.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Los datos se analizaron con el análisis probabilístico de weibull.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se elaboró la investigación manteniendo la confidencialidad de los antecedentes, datos y documentos, a fin de evitar cualquier hecho o situación que pudiera suponer o llegar a ocasionar un conflicto entre de intereses. Los resultados del diseño del sistema de riego tecnificado, se realizó en base de los datos recopilados, sin adulterar su valor ni cualidad, y los cálculos que se realizaron están dentro de lo estipulado por las teorías científicas existentes, en éste caso el mantenimiento productivo total.

#### **IV. Resultados**

##### **4.1. Determinar el estado actual de las actividades de mantenimiento y disponibilidad de los buses en la empresa Transporte Chiclayo**

###### **4.1.1. Estado Actual del Mantenimiento de los Buses**

La empresa de Transportes Chiclayo, dedicado al transporte de pasajeros a diferentes ciudades del Norte del Perú, teniendo a la ruta Chiclayo – Piura y viceversa como la de mayor frecuencia de viaje, entre 30 y 40 veces por día, por lo cual el área de mantenimiento debe de proveer la disponibilidad de los buses para el servicio programado, sin embargo no existe un plan de mantenimiento preventivo que se realice a las unidades, y sólo se realizan mantenimientos correctivos, los cuales determinar que los indicadores de disponibilidad y confiabilidad, tengan valores que no satisfagan las expectativas de los clientes, con menos rentabilidad para la empresa.

###### **4.1.2. Registro del Tiempo entre fallos y de reparación (MTBF y MTTR)**

En un mes, se considera la operación de 720 horas, es decir que el  $MTBF + MTTR = 720$ , en la tabla 1, se muestra los registros entre los meses de enero a diciembre del 2018, de 25 buses.

MTBF = Tiempo promedio entre defectos.

MTTR = Tiempo promedio de arreglo.

**Tabla 1: Registro de MTBF y MTTR**

REGISTRO DE TIEMPO PROMEDIO DE DEFECTOS Y EL TIEMPO DE ARREGLO EN BUSES - TRANSPORTES CHICLAYO																								
N° BUS	ene-18		feb-18		mar-18		abr-18		may-18		jun-18		jul-18		ago-18		sep-18		oct-18		nov-18		dic-18	
	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR
1	598	122	581	139	592	128	640	80	609	111	585	135	622	98	600	120	595	125	606	114	611	109	589	131
2	611	109	601	119	595	125	635	85	635	85	605	115	625	95	591	129	584	136	617	103	613	107	608	112
3	586	134	612	108	579	141	638	82	620	100	585	135	600	120	577	143	572	148	639	81	622	98	591	129
4	608	112	581	139	577	143	605	115	600	120	614	106	599	121	592	128	606	114	616	104	582	138	611	109
5	585	135	599	121	594	126	628	92	613	107	605	115	611	109	622	98	593	127	623	97	603	117	602	118
6	612	108	597	123	562	158	598	122	605	115	614	106	622	98	636	84	596	124	617	103	624	96	569	151
7	576	144	590	130	585	135	604	116	609	111	583	137	626	94	592	128	584	136	627	93	581	139	591	129
8	594	126	601	119	559	161	600	120	618	102	592	128	611	109	576	144	606	114	603	117	580	140	611	109
9	598	122	597	123	593	127	607	113	605	115	603	117	607	113	576	144	610	110	596	124	567	153	589	131
10	583	137	615	105	581	139	616	104	596	124	610	110	634	86	602	118	575	145	617	103	579	141	581	139
11	553	167	539	181	560	160	621	99	586	134	556	164	590	130	579	141	556	164	588	132	579	141	546	174
12	566	154	559	161	563	157	616	104	612	108	576	144	593	127	570	150	545	175	599	121	581	139	565	155
13	541	179	570	150	547	173	619	101	597	123	556	164	568	152	556	164	533	187	621	99	590	130	548	172
14	563	157	539	181	545	175	586	134	577	143	585	135	567	153	571	149	567	153	598	122	550	170	568	152
15	540	180	557	163	562	158	609	111	590	130	576	144	579	141	601	119	554	166	605	115	571	149	559	161
16	567	153	555	165	530	190	579	141	582	138	585	135	590	130	615	105	557	163	599	121	592	128	526	194
17	531	189	548	172	553	167	585	135	586	134	554	166	594	126	571	149	553	167	609	111	549	171	548	172
18	549	171	559	161	527	193	581	139	595	125	563	157	579	141	558	162	575	145	585	135	548	172	568	152
19	553	167	555	165	561	159	588	132	582	138	574	146	575	145	555	165	579	141	583	137	535	185	546	174
20	538	182	573	147	549	171	597	123	574	146	581	139	602	118	581	139	554	166	599	121	547	173	538	182
21	508	212	497	223	528	192	602	118	563	157	527	193	558	162	558	162	535	185	570	150	547	173	503	217
22	521	199	518	202	531	189	597	123	589	131	547	173	561	159	549	171	524	196	587	133	549	171	522	198
23	496	224	528	192	515	205	600	120	574	146	535	185	536	184	537	183	512	208	603	117	558	162	505	215
24	518	202	497	223	513	207	567	153	554	166	556	164	535	185	552	168	541	179	580	140	518	202	525	195
25	495	225	515	205	530	190	590	130	567	153	547	173	547	173	582	138	528	192	587	133	539	181	516	204

**Fuente:** Transportes Chiclayo



De la tabla 1, se puede analizar lo siguiente:

- a) Los tiempos promedios entre defectos al mes (MTBF), en todos los buses no superan las 650 horas, siendo el valor máximo de 640 horas, y el valor mínimo de 495 horas, lo cual evidencia que la diversidad de valores de ésta variable, es por la falta de planificación del mantenimiento a los diferentes sistemas del bus.
- b) Para evaluar los datos de MTBF, se agrupa los datos de acuerdo a la tabla 2.

**Tabla 2:** Frecuencia de valores de MTBF

Item	Rango MTBF	Veces (fi)
1	495-520	15
2	521-540	26
3	541-560	50
4	561-580	52
5	581-600	81
6	601-620	55
7	620-640	21
	SUMA	300

**Fuente:** Autoría Propia

### **Cálculo de la Mediana**

La mediana, llamada algunas veces media posicional, es el valor del término medio que divide una distribución de datos ordenados en dos partes iguales, es decir, el 50% del valor de MTBF se ubican sobre la mediana o hacia los puntajes altos y el 50% de MTBF hacia los puntajes bajos.

Calculando la posición de la mediana se obtiene:

$$Md = \frac{n + 1}{2} = \frac{(300 + 1)}{2} = 150.5$$

Para su ubicación, se determina utilizando la frecuencia acumulada, la cual resulta de sumar los valores de frecuencias.

**Tabla 3:** Frecuencia Acumulada

Item	MTBF	Veces (fi)	Fi (Frecuencia Acumulada)
1	495-520	15	15
2	521-540	26	41
3	541-560	50	91
4	561-580	52	143
5	581-600	81	224
6	601-620	55	279
7	620-640	21	300
	SUMA	300	

**Fuente:** Autoría Propia

Como la posición de la mediana es 150.5, su valor es el promedio de los datos 150 y 151. Para observar con claridad cuáles son los datos 150 y 151 se observa la frecuencia acumulada, se ubica en la quinta posición, por lo tanto el intervalo o clase de la mediana es [581-600).

Al aplicar la ecuación respectiva se obtiene:

$$M_{MTBF} = Li + \left( \frac{\frac{n}{2} - Fa}{fm} \right) \cdot c$$

$$M_{MTBF} = 581 + \left( \frac{\frac{300}{2} - 143}{55} \right) \cdot 20 = 583.54$$

Es decir que el 50% de los MTBF son menores a 583.54 y el 50% de los MTBF son mayores a 583.54 horas.

- c) Los tiempos promedios de arreglo al mes (MTTR), tiene un valor máximo de 225 horas, y el valor mínimo de 80 horas, lo cual evidencia que la diversidad de valores de ésta variable, es por la falta de planificación del mantenimiento a los diferentes sistemas del bus.
- d) Para evaluar los datos de MTTR, se agrupa los datos de acuerdo a la tabla 4.

**Tabla 4: Frecuencia de valores de MTTR**

Item	MTTR	Veces (fi)
1	80-100	20
2	101-120	59
3	121-140	79
4	141-160	51
5	161-180	50
6	181-200	26
7	200-225	15
	SUMA	300

Fuente: Autoría Propia

### **Cálculo de la Mediana**

La mediana, llamada algunas veces media posicional, es el valor del término medio que divide una distribución de datos ordenados en dos partes iguales, es decir, el 50% del valor de MTTR se ubican sobre la mediana o hacia los puntajes altos y el 50% de MTTR hacia los puntajes bajos.

Calculando la posición de la mediana se obtiene:

$$Md = \frac{n + 1}{2} = \frac{(300 + 1)}{2} = 150.5$$

Para su ubicación, se determina utilizando la frecuencia acumulada, la cual resulta de sumar los valores de frecuencias.

**Tabla 5: Frecuencia Acumulada**

Item	MTTR	Veces (fi)	Fi (Frecuencia Acumulada)
1	80-100	20	20
2	101-120	59	79
3	121-140	79	158
4	141-160	51	209
5	161-180	50	259
6	181-200	26	285
7	200-225	15	300
	SUMA	300	

**Fuente:** Autoría Propia

Como la posición de la mediana es 150.5, su valor es el promedio de los datos 150 y 151. Para observar con claridad cuáles son los datos 150 y 151 se observa la frecuencia acumulada, se ubica en la tercera posición, por lo tanto el intervalo o clase de la mediana es (121-140).

Al aplicar la ecuación respectiva se obtiene:

$$M_{MTTR} = Li + \left( \frac{\frac{n}{2} - Fa}{fm} \right) \cdot c$$

$$M_{MTTR} = 121 + \left( \frac{\frac{300}{2} - 79}{79} \right) \cdot 20 = 138.97$$

Es decir que el 50% de los MTTR son menores a 138.97 y el 50% de los MTTR son mayores a 138.97 horas.

#### 4.1.3. Cálculo de la Disponibilidad Actual

Para determinar el valor de la disponibilidad actual de cada bus de la empresa, se emplea con la siguiente relación, el cual relaciona los tiempos promedios entres defectos y los tiempos promedios de arreglos.

$$D = 100 * \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

Dónde:

D: Disponibilidad.

MTBF = Tiempo promedio entre defectos.

MTTR = Tiempo promedio de arreglo.

**Tabla 6: Cálculo de Disponibilidad Actual de los Buses**

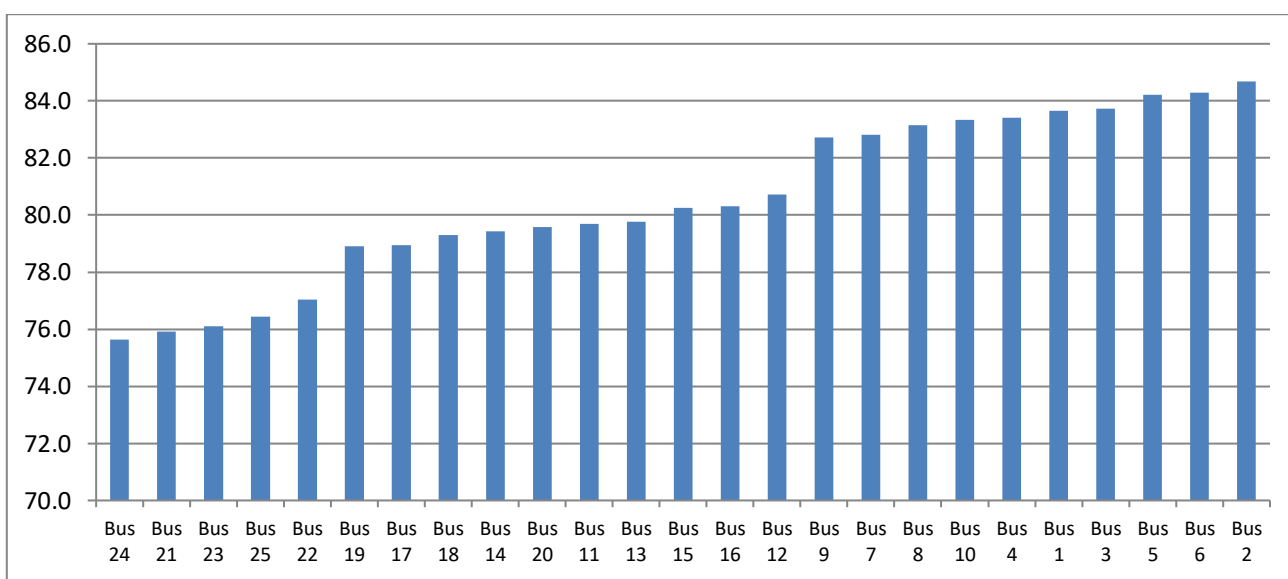
CALCULO DE DISPONIBILIDAD % DE BUSES EMPRESA DE TRANSPORTES CHICLAYO													
N° BUS	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-19	oct-18	nov-18	dic-18	Promedio
1	83.1	80.7	82.2	88.9	84.6	81.3	86.4	83.3	82.6	84.2	84.9	81.8	83.7
2	84.9	83.5	82.2	88.2	88.2	84.0	86.8	82.1	81.1	85.7	85.1	84.4	84.7
3	81.4	85.0	82.2	88.6	86.1	81.3	83.3	80.1	79.4	88.8	86.4	82.1	83.7
4	84.4	80.7	82.2	84.0	83.3	85.3	83.2	82.2	84.2	85.6	80.8	84.9	83.4
5	81.3	83.2	82.2	87.2	85.1	84.0	84.9	86.4	82.4	86.5	83.8	83.6	84.2
6	85.0	82.9	82.2	83.1	84.0	85.3	86.4	88.3	82.8	85.7	86.7	79.0	84.3
7	80.0	81.9	82.2	83.9	84.6	81.0	86.9	82.2	81.1	87.1	80.7	82.1	82.8
8	82.5	83.5	82.2	83.3	85.8	82.2	84.9	80.0	84.2	83.8	80.6	84.9	83.1
9	83.1	82.9	82.2	84.3	84.0	83.8	84.3	80.0	84.7	82.8	78.8	81.8	82.7
10	81.0	85.4	82.2	85.6	82.8	84.7	88.1	83.6	79.9	85.7	80.4	80.7	83.3
11	76.8	74.9	82.2	86.3	81.4	77.2	81.9	80.4	77.2	81.7	80.4	75.8	79.7
12	78.6	77.6	82.2	85.6	85.0	80.0	82.4	79.2	75.7	83.2	80.7	78.5	80.7
13	75.1	79.2	82.2	86.0	82.9	77.2	78.9	77.2	74.0	86.3	81.9	76.1	79.8
14	78.2	74.9	82.2	81.4	80.1	81.3	78.8	79.3	78.8	83.1	76.4	78.9	79.4
15	75.0	77.4	82.2	84.6	81.9	80.0	80.4	83.5	76.9	84.0	79.3	77.6	80.2
16	78.8	77.1	82.2	80.4	80.8	81.3	81.9	85.4	77.4	83.2	82.2	73.1	80.3
17	73.8	76.1	82.2	81.3	81.4	76.9	82.5	79.3	76.8	84.6	76.3	76.1	78.9
18	76.3	77.6	82.2	80.7	82.6	78.2	80.4	77.5	79.9	81.3	76.1	78.9	79.3
19	76.8	77.1	82.2	81.7	80.8	79.7	79.9	77.1	80.4	81.0	74.3	75.8	78.9
20	74.7	79.6	82.2	82.9	79.7	80.7	83.6	80.7	76.9	83.2	76.0	74.7	79.6
21	70.6	69.0	82.2	83.6	78.2	73.2	77.5	77.5	74.3	79.2	76.0	69.9	75.9
22	72.4	71.9	82.2	82.9	81.8	76.0	77.9	76.3	72.8	81.5	76.3	72.5	77.0
23	68.9	73.3	82.2	83.3	79.7	74.3	74.4	74.6	71.1	83.8	77.5	70.1	76.1
24	71.9	69.0	82.2	78.8	76.9	77.2	74.3	76.7	75.1	80.6	71.9	72.9	75.6

25	68.8	71.5	82.2	81.9	78.8	76.0	76.0	80.8	73.3	81.5	74.9	71.7	76.4
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

**Fuente:** Autoría Propia

De la tabla 6, se puede observar que los valores promedio de disponibilidad anual de cada uno de los 25 buses, tiene un valor menor de disponibilidad el bus N° 24, con un valor de 75.6% y el de mayor disponibilidad el bus N° 2 con 84.7%. Es decir ningún bus tiene un valor de disponibilidad mayor al 85%, lo cual es un indicador que la Empresa presenta retrasos para ofrecer los servicios; en algunos casos los viajes programados son realizados por otros buses, lo que conlleva a modificar los servicios diarios de la empresa de transportes Chiclayo.

En la figura 1, se muestra los valores de disponibilidad promedio anual de los 25 buses de la empresa de transportes Chiclayo, motivo de análisis de la presente investigación.



**Figura 5:** Valores de disponibilidad de los 25 Buses de la Empresa de Transportes Chiclayo

Análisis de Fallos de los sistemas de los Buses de la Empresa de Transportes Chiclayo



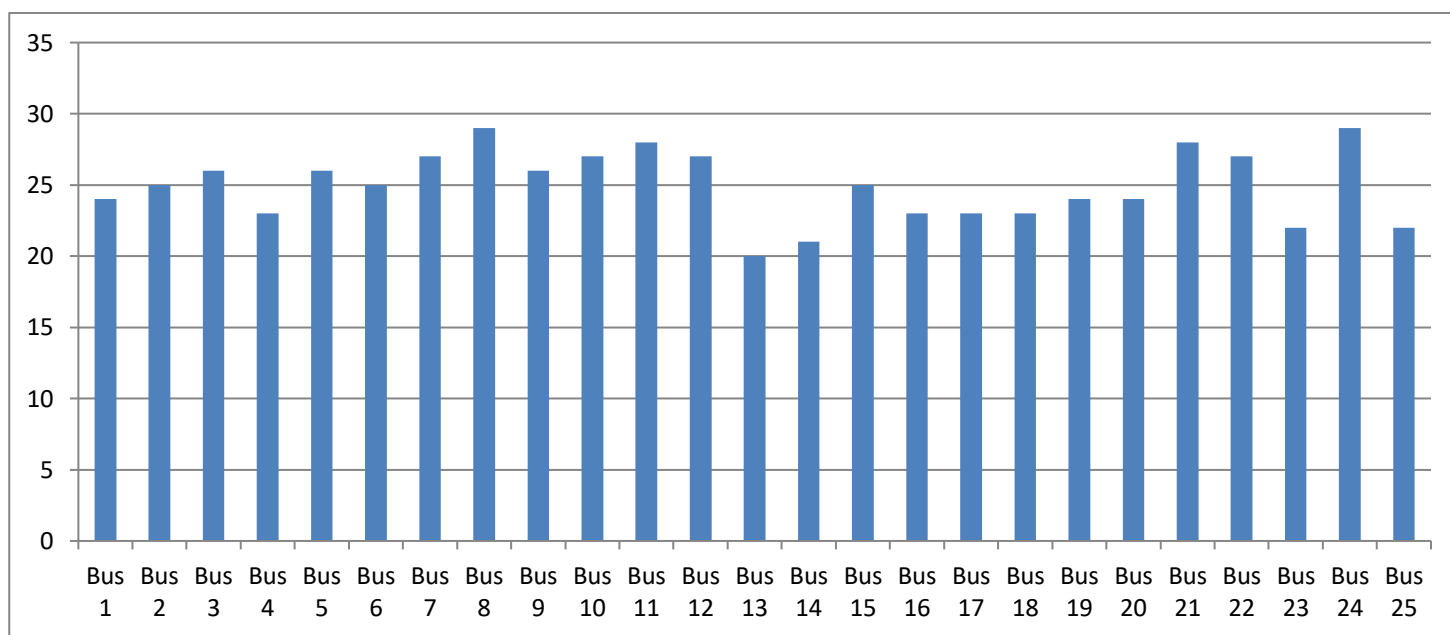
Entre los fallos que se reportan en el taller de reparación de la empresa, se han agrupado en fallos en los sistemas, y se tienen registros de las veces que han ingresado al taller para la reparación de los sistemas que presentan fallos, y se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7:** Registro de Número de Veces de Ingreso de Buses a Taller de Reparación

Fallo en Sistema	Número de veces de ingreso de Buses a Taller de Reparación de Empresa Transportes Chiclayo Año 2018																								
	Bus 1	Bus 2	Bus 3	Bus 4	Bus 5	Bus 6	Bus 7	Bus 8	Bus 9	Bus 10	Bus 11	Bus 12	Bus 13	Bus 14	Bus 15	Bus 16	Bus 17	Bus 18	Bus 19	Bus 20	Bus 21	Bus 22	Bus 23	Bus 24	Bus 25
Fallo sistema de inyección diesel.	4	6	5	4	4	4	5	5	5	6	6	4	3	3	3	2	5	3	4	4	4	6	4	7	3
Fallo sistema de refrigeración del motor.	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	4	2	3	5	3	5	3
Fallo sistema Eléctrico.	3	3	4	3	4	3	2	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	5	3	5	2	2	2	3
Fallo caja de velocidades.	2	2	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	3	4	3	2	3	3	3	3	2	2	1	3	2
Fallo sistema de suspensión.	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	2	1	1	1
Fallo sistema de luces.	2	2	3	2	2	2	3	3	2	3	3	3	2	2	1	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2
Fallo sistema de frenos.	3	3	3	4	4	4	5	3	3	4	4	2	2	2	4	3	3	2	3	4	4	4	3	2	3
Fallo en carrocería.	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1
Fugas de aceite en motor, caja de dirección, sistema de transmisión.	6	5	7	4	6	5	6	7	4	4	6	8	3	3	5	7	4	6	3	5	6	3	6	6	4
Total de veces	24	25	26	23	26	25	27	29	26	27	28	27	20	21	25	23	23	23	24	24	28	27	22	29	22

**Fuente:** Empresa de Transportes Chiclayo

En la figura 6, se observa el número total de veces que ingresó los buses de la empresa al registrar fallos en sus sistemas, el bus N° 13, ingresó 20 veces, mientras que el bus N° 29 ingresó 29 veces, siendo los de menor y mayor ingreso al taller de reparación respectivamente.



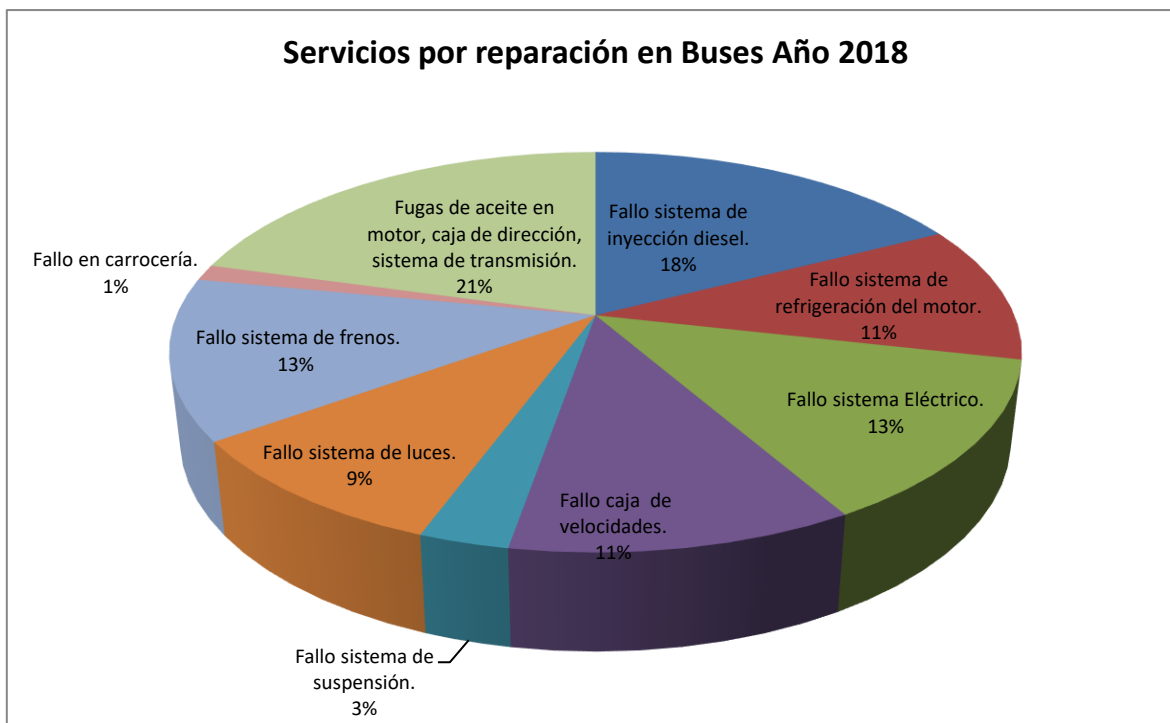
**Figura 6:** Número de veces de ingreso de Buses a Taller de Reparación de Empresa Transportes Chiclayo Año 2018

De la tabla 7, se puede analizar además, el número de servicios atendidos en el año 2018, por los fallos que se presentan, notándose que los fallos que más veces se han registrado son por fugas de aceite en motor, caja de dirección y en el sistema de transmisión.

**Tabla 8:** Número de servicios atendidos 2018

Fallo en Sistema	Número de servicios atendidos 2018	%
Fallo sistema de inyección diesel.	109	17.5
Fallo sistema de refrigeración del motor.	69	11.1
Fallo sistema Eléctrico.	82	13.1
Fallo caja de velocidades.	69	11.1
Fallo sistema de suspensión.	18	2.9
Fallo sistema de luces.	59	9.5
Fallo sistema de frenos.	81	13.0
Fallo en carrocería.	8	1.3
Fugas de aceite en motor, caja de dirección, sistema de transmisión.	129	20.7
Total de veces	624	100.0

**Fuente:** Empresa de Transportes Chiclayo



**Figura 7:** Porcentajes de servicios por fallos de sistemas en Buses Transportes Chiclayo

De la figura 7, se observa que el mayor porcentaje de atenciones para reparación es de fugas de aceite motor, fugas de aceite en caja de dirección y en caja de transmisión, representando el 21% de atenciones; y el que reporta menos servicios, es por fallos al sistema en la carrocería el cual representó el 1%.

#### **4.1.4. Confiabilidad Actual del servicio de los Buses**

La información de los tiempos entre fallos, determina el valor del grado de confianza o la confiabilidad de que los buses no presenten fallos, es decir la probabilidad de que se produzca fallos en los servicios. Con el uso del Microsoft Excel, se realiza el análisis de Weibull, con los datos:

El procedimiento se realiza:

- a) Ordenar todos los valores de tiempo entre fallas (MTBF), registrados en un determinado periodo.
- b) Ordenar todos los valores promedios en orden ascendente.
- c) Mediante la ecuación **Rango=  $((Mx-0.3)/(N+0.4))$** , se determina la mediana de la lista de observaciones, donde Mx, es la medida del valor de radiación en la posición x y N, es el número de observaciones.
- d) La función de Weibull, expresado en función exponencial, se resuelve linealizando los ejes cartesianos, mediante el logaritmo de la función, tanto para el x como para el eje y, que finalmente constituyen puntos que se enmarcan en una ecuación de la recta.
- e) En el eje Y, queda la expresión de  **$\ln (\ln (1/(1-\text{Median Rank})))$** , y en el eje X, los valores de los tiempos entre fallos MTBF.

La confiabilidad de los tiempos entre fallos de los buses de la Empresa de Transportes de Chiclayo, se realiza para las dos marcas de buses, que son 10 Unidades Volvo y 15 Unidades Scania.

### **Confiabilidad de Buses Marca Volvo**

Procedimiento de cálculo.

1. Ordenar los valores de MTBF de los 120 valores de MTBF para los diez buses Volvo en los doce meses del año 2018.

**Tabla 9:** Valores de MTBF para buses Volvo Año 2018

N°	MTBF Volvo	N°	MTBF Volvo	N°	MTBF Volvo
1	559	41	593	81	609
2	562	42	594	82	610
3	567	43	594	83	610
4	569	44	595	84	611
5	572	45	595	85	611
6	575	46	596	86	611
7	576	47	596	87	611
8	576	48	596	88	611
9	576	49	597	89	611
10	577	50	597	90	612
11	577	51	598	91	612
12	579	52	598	92	613
13	579	53	598	93	613
14	580	54	599	94	614
15	581	55	599	95	614
16	581	56	600	96	615
17	581	57	600	97	616
18	581	58	600	98	616
19	581	59	600	99	617
20	582	60	601	100	617
21	583	61	601	101	617
22	583	62	602	102	618
23	584	63	602	103	620
24	584	64	603	104	622
25	585	65	603	105	622
26	585	66	603	106	622
27	585	67	604	107	622
28	585	68	605	108	623
29	586	69	605	109	624
30	589	70	605	110	625
31	589	71	605	111	626
32	590	72	605	112	627
33	591	73	606	113	628
34	591	74	606	114	634
35	591	75	606	115	635
36	592	76	607	116	635
37	592	77	607	117	636
38	592	78	608	118	638
39	592	79	608	119	639
40	593	80	609	120	640

**Fuente:** Transportes Chiclayo

**Tabla 10:** Cálculo de la confiabilidad Actual Buses Volvo, Año 2018

Nº	Valor de MTBF	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4))	1/(1-Mediana)	Y = ln(ln(1/(1-Mediana)))	X = ln(MTBF)	X.Y	X2
1	559	0.006	1.01	-5.14	6.33	-32.55	40.02
2	562	0.014	1.01	-4.25	6.33	-26.93	40.09
3	567	0.022	1.02	-3.79	6.34	-24.01	40.20
4	569	0.031	1.03	-3.47	6.34	-21.99	40.24
5	572	0.039	1.04	-3.22	6.35	-20.47	40.31
6	575	0.047	1.05	-3.03	6.35	-19.23	40.38
7	576	0.056	1.06	-2.86	6.36	-18.18	40.40
8	576	0.064	1.07	-2.72	6.36	-17.27	40.40
9	576	0.072	1.08	-2.59	6.36	-16.46	40.40
10	577	0.081	1.09	-2.48	6.36	-15.75	40.42
11	577	0.089	1.10	-2.37	6.36	-15.10	40.42
12	579	0.097	1.11	-2.28	6.36	-14.51	40.47
13	579	0.105	1.12	-2.19	6.36	-13.96	40.47
14	580	0.114	1.13	-2.11	6.36	-13.45	40.49
15	581	0.122	1.14	-2.04	6.36	-12.97	40.51
16	581	0.130	1.15	-1.97	6.36	-12.53	40.51
17	581	0.139	1.16	-1.90	6.36	-12.10	40.51
18	581	0.147	1.17	-1.84	6.36	-11.70	40.51
19	581	0.155	1.18	-1.78	6.36	-11.32	40.51
20	582	0.164	1.20	-1.72	6.37	-10.96	40.53
21	583	0.172	1.21	-1.67	6.37	-10.62	40.55
22	583	0.180	1.22	-1.62	6.37	-10.29	40.55
23	584	0.189	1.23	-1.57	6.37	-9.97	40.58
24	584	0.197	1.25	-1.52	6.37	-9.67	40.58
25	585	0.205	1.26	-1.47	6.37	-9.38	40.60
26	585	0.213	1.27	-1.43	6.37	-9.09	40.60
27	585	0.222	1.28	-1.38	6.37	-8.81	40.60
28	585	0.230	1.30	-1.34	6.37	-8.55	40.60
29	586	0.238	1.31	-1.30	6.37	-8.29	40.62
30	589	0.247	1.33	-1.26	6.38	-8.05	40.68
31	589	0.255	1.34	-1.22	6.38	-7.80	40.68
32	590	0.263	1.36	-1.19	6.38	-7.56	40.71
33	591	0.272	1.37	-1.15	6.38	-7.33	40.73
34	591	0.280	1.39	-1.11	6.38	-7.11	40.73
35	591	0.288	1.40	-1.08	6.38	-6.89	40.73
36	592	0.297	1.42	-1.04	6.38	-6.67	40.75
37	592	0.305	1.44	-1.01	6.38	-6.46	40.75
38	592	0.313	1.46	-0.98	6.38	-6.25	40.75
39	592	0.321	1.47	-0.95	6.38	-6.05	40.75



40	593	0.330	1.49	-0.92	6.39	-5.85	40.77
41	593	0.338	1.51	-0.89	6.39	-5.65	40.77
42	594	0.346	1.53	-0.86	6.39	-5.46	40.79
43	594	0.355	1.55	-0.83	6.39	-5.27	40.79
44	595	0.363	1.57	-0.80	6.39	-5.09	40.81
45	595	0.371	1.59	-0.77	6.39	-4.91	40.81
46	596	0.380	1.61	-0.74	6.39	-4.73	40.84
47	596	0.388	1.63	-0.71	6.39	-4.55	40.84
48	596	0.396	1.66	-0.68	6.39	-4.37	40.84
49	597	0.404	1.68	-0.66	6.39	-4.20	40.86
50	597	0.413	1.70	-0.63	6.39	-4.03	40.86
51	598	0.421	1.73	-0.60	6.39	-3.86	40.88
52	598	0.429	1.75	-0.58	6.39	-3.69	40.88
53	598	0.438	1.78	-0.55	6.39	-3.53	40.88
54	599	0.446	1.81	-0.53	6.40	-3.37	40.90
55	599	0.454	1.83	-0.50	6.40	-3.21	40.90
56	600	0.463	1.86	-0.48	6.40	-3.05	40.92
57	600	0.471	1.89	-0.45	6.40	-2.89	40.92
58	600	0.479	1.92	-0.43	6.40	-2.73	40.92
59	600	0.488	1.95	-0.40	6.40	-2.58	40.92
60	601	0.496	1.98	-0.38	6.40	-2.42	40.94
61	601	0.504	2.02	-0.35	6.40	-2.27	40.94
62	602	0.512	2.05	-0.33	6.40	-2.12	40.96
63	602	0.521	2.09	-0.31	6.40	-1.97	40.96
64	603	0.529	2.12	-0.28	6.40	-1.82	40.98
65	603	0.537	2.16	-0.26	6.40	-1.67	40.98
66	603	0.546	2.20	-0.24	6.40	-1.52	40.98
67	604	0.554	2.24	-0.21	6.40	-1.37	41.01
68	605	0.562	2.28	-0.19	6.41	-1.22	41.03
69	605	0.571	2.33	-0.17	6.41	-1.08	41.03
70	605	0.579	2.37	-0.15	6.41	-0.93	41.03
71	605	0.587	2.42	-0.12	6.41	-0.78	41.03
72	605	0.596	2.47	-0.10	6.41	-0.64	41.03
73	606	0.604	2.52	-0.08	6.41	-0.49	41.05
74	606	0.612	2.58	-0.05	6.41	-0.35	41.05
75	606	0.620	2.63	-0.03	6.41	-0.20	41.05
76	607	0.629	2.69	-0.01	6.41	-0.06	41.07
77	607	0.637	2.76	0.01	6.41	0.09	41.07
78	608	0.645	2.82	0.04	6.41	0.23	41.09
79	608	0.654	2.89	0.06	6.41	0.38	41.09
80	609	0.662	2.96	0.08	6.41	0.52	41.11
81	609	0.670	3.03	0.10	6.41	0.67	41.11
82	610	0.679	3.11	0.13	6.41	0.81	41.13
83	610	0.687	3.19	0.15	6.41	0.96	41.13
84	611	0.695	3.28	0.17	6.42	1.11	41.15

85	611	0.703	3.37	0.20	6.42	1.25	41.15
86	611	0.712	3.47	0.22	6.42	1.40	41.15
87	611	0.720	3.57	0.24	6.42	1.55	41.15
88	611	0.728	3.68	0.27	6.42	1.70	41.15
89	611	0.737	3.80	0.29	6.42	1.85	41.15
90	612	0.745	3.92	0.31	6.42	2.00	41.17
91	612	0.753	4.05	0.34	6.42	2.16	41.17
92	613	0.762	4.20	0.36	6.42	2.31	41.20
93	613	0.770	4.35	0.38	6.42	2.47	41.20
94	614	0.778	4.51	0.41	6.42	2.63	41.22
95	614	0.787	4.68	0.43	6.42	2.79	41.22
96	615	0.795	4.87	0.46	6.42	2.95	41.24
97	616	0.803	5.08	0.49	6.42	3.12	41.26
98	616	0.811	5.30	0.51	6.42	3.29	41.26
99	617	0.820	5.55	0.54	6.42	3.46	41.28
100	617	0.828	5.82	0.57	6.42	3.63	41.28
101	617	0.836	6.11	0.59	6.42	3.81	41.28
102	618	0.845	6.44	0.62	6.43	4.00	41.30
103	620	0.853	6.80	0.65	6.43	4.19	41.34
104	622	0.861	7.21	0.68	6.43	4.38	41.38
105	622	0.870	7.67	0.71	6.43	4.58	41.38
106	622	0.878	8.19	0.74	6.43	4.78	41.38
107	622	0.886	8.79	0.78	6.43	4.99	41.38
108	623	0.895	9.48	0.81	6.43	5.22	41.40
109	624	0.903	10.29	0.85	6.44	5.45	41.42
110	625	0.911	11.25	0.88	6.44	5.69	41.44
111	626	0.919	12.41	0.92	6.44	5.95	41.47
112	627	0.928	13.84	0.97	6.44	6.22	41.49
113	628	0.936	15.64	1.01	6.44	6.52	41.51
114	634	0.944	17.97	1.06	6.45	6.84	41.63

11 5	635	0.953	21.12	1.12	6.45	7.20	41.65
11 6	635	0.961	25.62	1.18	6.45	7.59	41.65
11 7	636	0.969	32.54	1.25	6.46	8.05	41.67
11 8	638	0.978	44.59	1.33	6.46	8.62	41.71
11 9	639	0.986	70.82	1.45	6.46	9.36	41.73
12 0	640	0.994	172.00	1.64	6.46	10.59	41.75
	Suma			-68.30	767.79	-	4912.63

**Fuente:** Autoría Propia

Para determinar el valor de la confiabilidad actual, que mide la probabilidad de ocurrencia del tiempo entre fallos, se realiza mediante la distribución de probabilidad de Weibull, para lo cual se determina por la ecuación:

$$P(r) = \frac{k}{c} \left(\frac{r}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{r}{c}\right)^k}$$

Para determinar los parámetros de la ecuación de Weibull, se utiliza el ajuste de mínimos, que corresponde a la ecuación de probabilidad de Weibull.

$$P_i(r \leq r_i) = 1 - e^{-\left[\left(\frac{r}{c}\right)^k\right]}$$

Esto se logra utilizando el método de regresión lineal, donde relaciona las variables, el proceso se ve reflejado por las ecuaciones:

$$Y_i = \ln[-\ln(1 - P_i)]$$

$$X_i = \ln(r)$$

$$a = -k \ln(c)$$

$$b = k$$

Con los valores dados, se determina la ecuación de la recta, en donde:

$$Y = aX + b$$

El método de los mínimos cuadrados, consiste en realizar la aproximación de la ecuación de la recta, y para encontrar dicho valor, se sigue el siguiente procedimiento:

a) Multiplicar los valores  $X.Y$ , y el valor de  $X$  al cuadrado, luego realizar la sumatoria de los valores de  $X$ , de valores de  $Y$ , y de valores  $X.Y$ , y la sumatoria de los cuadrados de  $X$ .

b) Se determina los valores de  $a$  y  $b$ , con las expresiones:

$$a = \frac{n \cdot \sum(X.Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$
$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \cdot \sum(X.Y)}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = 41.77$$
$$b = -267.86 = k$$

La ecuación de la recta es:

$$Y = aX + b$$

De la expresión:  $a = -k \ln(c)$  y  $b=k$

Se tiene:

$$c = e^{\frac{-k}{a}}$$

$$c = e^{\frac{267.86}{41.77}} = 609.55$$

El factor de escala c, indica el nivel de MTBF promedio de la zona de estudio, y el factor de forma k es un índice de dispersión de los datos y la frecuencia con la que se presenta l tiempo entre fallos

Factor de forma	Factor de escala (MTBF)
41.77	609.55

Probabilidad de ocurrencia de MTBF

Se utiliza la ecuación de distribución de weibull,

$$F(v) = 1 - \left(\frac{a}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{a-1}e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^a}$$

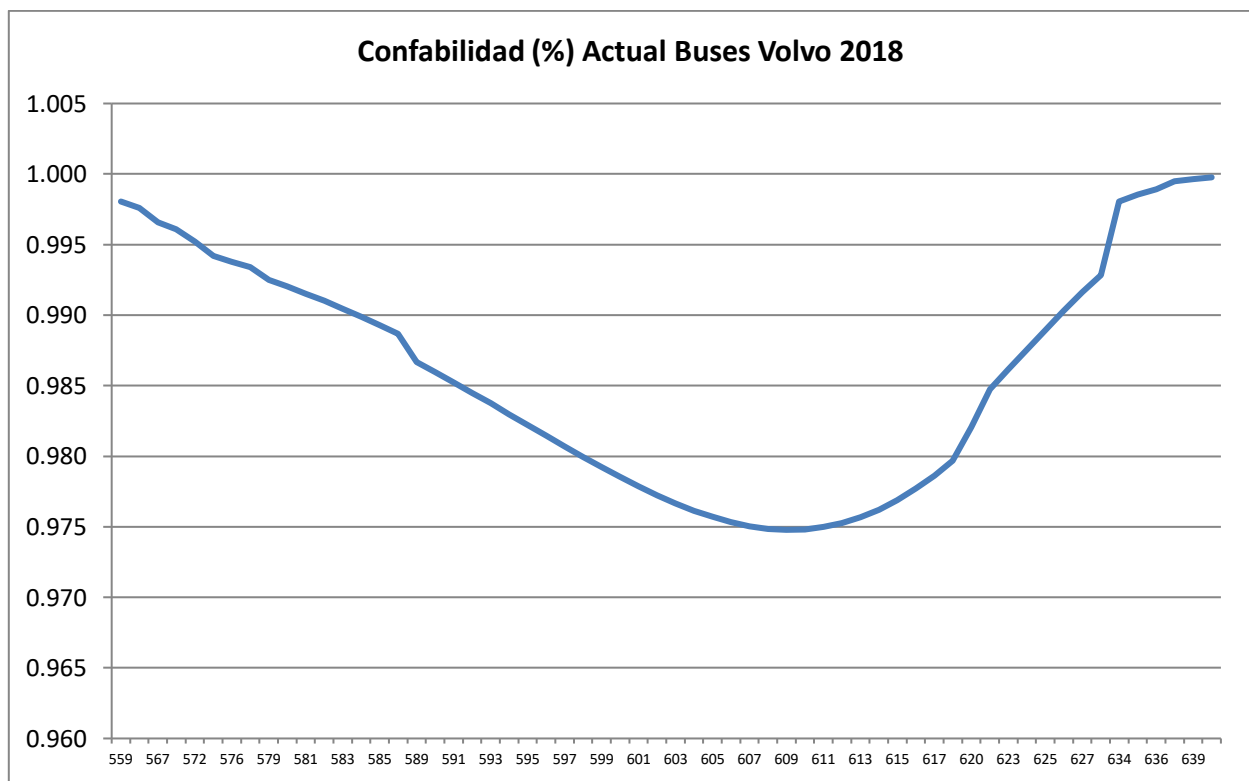
Reemplazando valores se tiene:

**Tabla 11: Reemplazando los valores**

MTBF Volvo	Confiabilidad %	MTBF Volvo	Confiabilidad %
559	99.8	603	97.7
562	99.8	604	97.6
567	99.7	605	97.6
569	99.6	606	97.5
572	99.5	607	97.5
575	99.4	608	97.5
576	99.4	609	97.5
577	99.3	610	97.5
579	99.3	611	97.5
580	99.2	612	97.5
581	99.2	613	97.6
582	99.1	614	97.6
583	99	615	97.7
584	99	616	97.8
585	98.9	617	97.9
586	98.9	618	98
589	98.7	620	98.2
590	98.6	622	98.5
591	98.5	623	98.6
592	98.4	624	98.8
593	98.4	625	98.9
594	98.3	626	99

595	98.2	627	99.2
596	98.1	628	99.3
597	98.1	634	99.8
598	98	635	99.9
599	97.9	636	99.9
600	97.9	638	99.9
601	97.8	639	100
602	97.7	640	100

**Fuente:** Autoría Propia



**Figura 8:** Confiabilidad

Se concluye que el valor de la confiabilidad del MTBF Actual es de 97,5% de los buses Volvo, es decir se tiene que el valor de probabilidad de fallas de 609.55 horas es del 97.5%.

## Confiabilidad de Buses Marca Scania

1. Ordenar los valores de MTBF de los 180 valores de MTBF para los Quince buses SCANIA en los doce meses del año 2018.

**Tabla 12: Valores buses Scania**

N°	MTBF	N°	MTBF	N°	MTBF	N°	MTBF
1	495	46	545	91	560	136	582
2	496	47	546	92	561	137	582
3	497	48	546	93	561	138	583
4	497	49	547	94	562	139	585
5	503	50	547	95	563	140	585
6	505	51	547	96	563	141	585
7	508	52	547	97	563	142	585
8	512	53	547	98	563	143	586
9	513	54	547	99	565	144	586
10	515	55	548	100	566	145	586
11	515	56	548	101	567	146	587
12	516	57	548	102	567	147	587
13	518	58	548	103	567	148	588
14	518	59	549	104	567	149	588
15	518	60	549	105	567	150	589
16	521	61	549	106	568	151	590
17	522	62	549	107	568	152	590
18	524	63	549	108	568	153	590
19	525	64	550	109	570	154	590
20	526	65	552	110	570	155	590
21	527	66	553	111	570	156	592
22	527	67	553	112	571	157	593
23	528	68	553	113	571	158	594
24	528	69	553	114	571	159	595
25	528	70	554	115	573	160	597
26	530	71	554	116	574	161	597
27	530	72	554	117	574	162	597
28	531	73	554	118	574	163	598
29	531	74	555	119	575	164	599
30	533	75	555	120	575	165	599
31	535	76	555	121	576	166	599
32	535	77	556	122	576	167	600
33	535	78	556	123	577	168	601
34	535	79	556	124	579	169	602
35	536	80	556	125	579	170	602
36	537	81	556	126	579	171	603
37	538	82	557	127	579	172	605

38	538	83	557	128	579	173	609
39	539	84	558	129	579	174	609
40	539	85	558	130	580	175	612
41	539	86	558	131	581	176	615
42	540	87	558	132	581	177	616
43	541	88	559	133	581	178	619
44	541	89	559	134	581	179	621
45	545	90	559	135	582	180	621

**Tabla 13: Cálculo de la confiabilidad Actual Buses Scania, Año 2018**

Nº	Valor de MTBF	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4)),	1/(1-Mediana)	Y = ln(ln(1/(1-Mediana)))	X = ln(MTBF)	X.Y	X2
1	495	0.00	1.00	-5.55	6.20	-34.43	38.50
2	496	0.01	1.01	-4.66	6.21	-28.92	38.52
3	497	0.01	1.02	-4.19	6.21	-26.04	38.55
4	497	0.02	1.02	-3.88	6.21	-24.07	38.55
5	503	0.03	1.03	-3.63	6.22	-22.61	38.70
6	505	0.03	1.03	-3.44	6.22	-21.40	38.75
7	508	0.04	1.04	-3.27	6.23	-20.40	38.82
8	512	0.04	1.04	-3.13	6.24	-19.54	38.92
9	513	0.05	1.05	-3.01	6.24	-18.77	38.94
10	515	0.05	1.06	-2.90	6.24	-18.08	38.99
11	515	0.06	1.06	-2.79	6.24	-17.45	38.99
12	516	0.06	1.07	-2.70	6.25	-16.88	39.01
13	518	0.07	1.08	-2.62	6.25	-16.36	39.06
14	518	0.08	1.08	-2.54	6.25	-15.87	39.06
15	518	0.08	1.09	-2.47	6.25	-15.41	39.06
16	521	0.09	1.10	-2.40	6.26	-14.99	39.13
17	522	0.09	1.10	-2.33	6.26	-14.59	39.16
18	524	0.10	1.11	-2.27	6.26	-14.22	39.21
19	525	0.10	1.12	-2.21	6.26	-13.86	39.23
20	526	0.11	1.12	-2.16	6.27	-13.52	39.25
21	527	0.11	1.13	-2.10	6.27	-13.19	39.28
22	527	0.12	1.14	-2.05	6.27	-12.88	39.28
23	528	0.13	1.14	-2.01	6.27	-12.58	39.30
24	528	0.13	1.15	-1.96	6.27	-12.29	39.30
25	528	0.14	1.16	-1.92	6.27	-12.01	39.30
26	530	0.14	1.17	-1.87	6.27	-11.75	39.35
27	530	0.15	1.17	-1.83	6.27	-11.49	39.35
28	531	0.15	1.18	-1.79	6.27	-11.24	39.37
29	531	0.16	1.19	-1.75	6.27	-11.00	39.37
30	533	0.16	1.20	-1.72	6.28	-10.77	39.42



31	535	0.17	1.21	-1.68	6.28	-10.55	39.47
32	535	0.18	1.21	-1.64	6.28	-10.33	39.47
33	535	0.18	1.22	-1.61	6.28	-10.11	39.47
34	535	0.19	1.23	-1.58	6.28	-9.90	39.47
35	536	0.19	1.24	-1.54	6.28	-9.70	39.49
36	537	0.20	1.25	-1.51	6.29	-9.50	39.51
37	538	0.20	1.26	-1.48	6.29	-9.31	39.54
38	538	0.21	1.26	-1.45	6.29	-9.12	39.54
39	539	0.21	1.27	-1.42	6.29	-8.94	39.56
40	539	0.22	1.28	-1.39	6.29	-8.76	39.56
41	539	0.23	1.29	-1.36	6.29	-8.58	39.56
42	540	0.23	1.30	-1.34	6.29	-8.41	39.58
43	541	0.24	1.31	-1.31	6.29	-8.24	39.61
44	541	0.24	1.32	-1.28	6.29	-8.07	39.61
45	545	0.25	1.33	-1.26	6.30	-7.92	39.70
46	545	0.25	1.34	-1.23	6.30	-7.75	39.70
47	546	0.26	1.35	-1.21	6.30	-7.60	39.72
48	546	0.26	1.36	-1.18	6.30	-7.44	39.72
49	547	0.27	1.37	-1.16	6.30	-7.29	39.75
50	547	0.28	1.38	-1.13	6.30	-7.14	39.75
51	547	0.28	1.39	-1.11	6.30	-6.99	39.75
52	547	0.29	1.40	-1.09	6.30	-6.84	39.75
53	547	0.29	1.41	-1.06	6.30	-6.70	39.75
54	547	0.30	1.42	-1.04	6.30	-6.56	39.75
55	548	0.30	1.44	-1.02	6.31	-6.42	39.77
56	548	0.31	1.45	-1.00	6.31	-6.28	39.77
57	548	0.31	1.46	-0.97	6.31	-6.15	39.77
58	548	0.32	1.47	-0.95	6.31	-6.01	39.77
59	549	0.33	1.48	-0.93	6.31	-5.88	39.79
60	549	0.33	1.49	-0.91	6.31	-5.75	39.79
61	549	0.34	1.51	-0.89	6.31	-5.62	39.79
62	549	0.34	1.52	-0.87	6.31	-5.49	39.79
63	549	0.35	1.53	-0.85	6.31	-5.37	39.79
64	550	0.35	1.55	-0.83	6.31	-5.24	39.82
65	552	0.36	1.56	-0.81	6.31	-5.12	39.86
66	553	0.36	1.57	-0.79	6.32	-5.00	39.88
67	553	0.37	1.59	-0.77	6.32	-4.88	39.88
68	553	0.38	1.60	-0.75	6.32	-4.76	39.88
69	553	0.38	1.62	-0.74	6.32	-4.64	39.88
70	554	0.39	1.63	-0.72	6.32	-4.53	39.91
71	554	0.39	1.64	-0.70	6.32	-4.41	39.91
72	554	0.40	1.66	-0.68	6.32	-4.30	39.91
73	554	0.40	1.68	-0.66	6.32	-4.18	39.91
74	555	0.41	1.69	-0.64	6.32	-4.07	39.93
75	555	0.41	1.71	-0.63	6.32	-3.96	39.93

76	555	0.42	1.72	-0.61	6.32	-3.85	39.93
77	556	0.43	1.74	-0.59	6.32	-3.74	39.95
78	556	0.43	1.76	-0.57	6.32	-3.63	39.95
79	556	0.44	1.77	-0.56	6.32	-3.52	39.95
80	556	0.44	1.79	-0.54	6.32	-3.41	39.95
81	556	0.45	1.81	-0.52	6.32	-3.30	39.95
82	557	0.45	1.83	-0.51	6.32	-3.20	39.97
83	557	0.46	1.85	-0.49	6.32	-3.09	39.97
84	558	0.46	1.87	-0.47	6.32	-2.99	40.00
85	558	0.47	1.89	-0.46	6.32	-2.88	40.00
86	558	0.48	1.90	-0.44	6.32	-2.78	40.00
87	558	0.48	1.93	-0.42	6.32	-2.68	40.00
88	559	0.49	1.95	-0.41	6.33	-2.57	40.02
89	559	0.49	1.97	-0.39	6.33	-2.47	40.02
90	559	0.50	1.99	-0.37	6.33	-2.37	40.02
91	560	0.50	2.01	-0.36	6.33	-2.27	40.04
92	561	0.51	2.03	-0.34	6.33	-2.17	40.07
93	561	0.51	2.06	-0.33	6.33	-2.07	40.07
94	562	0.52	2.08	-0.31	6.33	-1.97	40.09
95	563	0.52	2.11	-0.30	6.33	-1.87	40.11
96	563	0.53	2.13	-0.28	6.33	-1.77	40.11
97	563	0.54	2.16	-0.26	6.33	-1.67	40.11
98	563	0.54	2.18	-0.25	6.33	-1.57	40.11
99	565	0.55	2.21	-0.23	6.34	-1.48	40.16
100	566	0.55	2.24	-0.22	6.34	-1.38	40.18
101	567	0.56	2.26	-0.20	6.34	-1.28	40.20
102	567	0.56	2.29	-0.19	6.34	-1.18	40.20
103	567	0.57	2.32	-0.17	6.34	-1.09	40.20
104	567	0.57	2.35	-0.16	6.34	-0.99	40.20
105	567	0.58	2.38	-0.14	6.34	-0.89	40.20
106	568	0.59	2.41	-0.13	6.34	-0.80	40.22
107	568	0.59	2.45	-0.11	6.34	-0.70	40.22
108	568	0.60	2.48	-0.10	6.34	-0.61	40.22
109	570	0.60	2.52	-0.08	6.35	-0.51	40.27
110	570	0.61	2.55	-0.07	6.35	-0.41	40.27
111	570	0.61	2.59	-0.05	6.35	-0.32	40.27
112	571	0.62	2.63	-0.04	6.35	-0.22	40.29
113	571	0.62	2.66	-0.02	6.35	-0.13	40.29
114	571	0.63	2.70	-0.01	6.35	-0.03	40.29
115	573	0.64	2.75	0.01	6.35	0.06	40.33
116	574	0.64	2.79	0.03	6.35	0.16	40.36
117	574	0.65	2.83	0.04	6.35	0.26	40.36
118	574	0.65	2.88	0.06	6.35	0.35	40.36
119	575	0.66	2.92	0.07	6.35	0.45	40.38
120	575	0.66	2.97	0.09	6.35	0.54	40.38

121	576	0.67	3.02	0.10	6.36	0.64	40.40
122	576	0.67	3.07	0.12	6.36	0.74	40.40
123	577	0.68	3.13	0.13	6.36	0.83	40.42
124	579	0.69	3.18	0.15	6.36	0.93	40.47
125	579	0.69	3.24	0.16	6.36	1.03	40.47
126	579	0.70	3.30	0.18	6.36	1.12	40.47
127	579	0.70	3.36	0.19	6.36	1.22	40.47
128	579	0.71	3.42	0.21	6.36	1.32	40.47
129	579	0.71	3.49	0.22	6.36	1.42	40.47
130	580	0.72	3.56	0.24	6.36	1.52	40.49
131	581	0.72	3.63	0.25	6.36	1.62	40.51
132	581	0.73	3.70	0.27	6.36	1.72	40.51
133	581	0.74	3.78	0.29	6.36	1.82	40.51
134	581	0.74	3.86	0.30	6.36	1.92	40.51
135	582	0.75	3.95	0.32	6.37	2.02	40.53
136	582	0.75	4.04	0.33	6.37	2.12	40.53
137	582	0.76	4.13	0.35	6.37	2.22	40.53
138	583	0.76	4.22	0.37	6.37	2.33	40.55
139	585	0.77	4.33	0.38	6.37	2.43	40.60
140	585	0.77	4.43	0.40	6.37	2.54	40.60
141	585	0.78	4.54	0.41	6.37	2.64	40.60
142	585	0.79	4.66	0.43	6.37	2.75	40.60
143	586	0.79	4.79	0.45	6.37	2.86	40.62
144	586	0.80	4.92	0.47	6.37	2.97	40.62
145	586	0.80	5.05	0.48	6.37	3.07	40.62
146	587	0.81	5.20	0.50	6.38	3.19	40.64
147	587	0.81	5.35	0.52	6.38	3.30	40.64
148	588	0.82	5.52	0.54	6.38	3.41	40.66
149	588	0.82	5.69	0.55	6.38	3.53	40.66
150	589	0.83	5.88	0.57	6.38	3.65	40.68
151	590	0.84	6.07	0.59	6.38	3.76	40.71
152	590	0.84	6.29	0.61	6.38	3.88	40.71
153	590	0.85	6.51	0.63	6.38	4.01	40.71
154	590	0.85	6.76	0.65	6.38	4.13	40.71
155	590	0.86	7.02	0.67	6.38	4.26	40.71
156	592	0.86	7.30	0.69	6.38	4.39	40.75
157	593	0.87	7.61	0.71	6.39	4.52	40.77
158	594	0.87	7.95	0.73	6.39	4.66	40.79
159	595	0.88	8.31	0.75	6.39	4.79	40.81
160	597	0.89	8.71	0.77	6.39	4.94	40.86
161	597	0.89	9.16	0.80	6.39	5.08	40.86
162	597	0.90	9.65	0.82	6.39	5.23	40.86
163	598	0.90	10.19	0.84	6.39	5.39	40.88
164	599	0.91	10.80	0.87	6.40	5.54	40.90
165	599	0.91	11.49	0.89	6.40	5.71	40.90

166	599	0.92	12.27	0.92	6.40	5.88	40.90
167	600	0.92	13.17	0.95	6.40	6.06	40.92
168	601	0.93	14.20	0.98	6.40	6.24	40.94
169	602	0.94	15.42	1.01	6.40	6.44	40.96
170	602	0.94	16.86	1.04	6.40	6.65	40.96
171	603	0.95	18.60	1.07	6.40	6.87	40.98
172	605	0.95	20.74	1.11	6.41	7.10	41.03
173	609	0.96	23.43	1.15	6.41	7.36	41.11
174	609	0.96	26.93	1.19	6.41	7.64	41.11
175	612	0.97	31.65	1.24	6.42	7.96	41.17
176	615	0.97	38.38	1.29	6.42	8.31	41.24
177	616	0.98	48.76	1.36	6.42	8.72	41.26
178	619	0.99	66.81	1.44	6.43	9.23	41.32
179	621	0.99	106.12	1.54	6.43	9.90	41.36
180	621	1.00	257.71	1.71	6.43	11.02	41.36
	Suma			-102.86	1139.19	-639.92	7210.19

**Fuente:** Autoría Propia

Para determinar el valor de la confiabilidad actual, que mide la probabilidad de ocurrencia del tiempo entre fallos, se realiza mediante la distribución de probabilidad de Weibull, para lo cual se determina por la ecuación:

$$P(r) = \frac{k}{c} \left(\frac{r}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{r}{c}\right)^k}$$

Para determinar los parámetros de la ecuación de Weibull, se utiliza el ajuste de mínimos, que corresponde a la ecuación de probabilidad de Weibull.

$$P_i(r \leq r_i) = 1 - e^{-\left[\left(\frac{r_i}{c}\right)^k\right]}$$

Esto se logra utilizando el método de regresión lineal, donde relaciona las variables, el proceso se ve reflejado por las ecuaciones:

$$Y_i = \ln[-\ln(1 - P_i)]$$

$$X_i = \ln(r)$$

$$a = -k \ln(c)$$

$$b = k$$

Con los valores dados, se determina la ecuación de la recta, en donde:

$$Y = aX + b$$

El método de los mínimos cuadrados, consiste en realizar la aproximación de la ecuación de la recta, y para encontrar dicho valor, se sigue el siguiente procedimiento:

a) Multiplicar los valores  $X.Y$ , y el valor de  $X$  al cuadrado, luego realizar la sumatoria de los valores de  $X$ , de valores de  $Y$ , y de valores  $X.Y$ , y la sumatoria de los cuadrados de  $X$ .

b) Se determina los valores de  $a$  y  $b$ , con las expresiones:

$$a = \frac{n \cdot \sum(X.Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \cdot \sum(X.Y)}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = 24.63$$

$$b = -156.51 = k$$

La ecuación de la recta es:

$$Y = aX + b$$

De la expresión:  $a = -k \ln(c)$  y  $b=k$

Se tiene:

$$c = e^{\frac{-k}{a}}$$

$$c = e^{\frac{156.51}{24.63}} = 573.65$$

El factor de escala c, indica el nivel de MTBF promedio de la zona de estudio, y el factor de forma k es un índice de dispersión de los datos y la frecuencia con la que se presenta l tiempo entre fallos

Factor de forma	Factor de escala (MTBF)
24.63	573,65

Probabilidad de ocurrencia de MTBF

Se utiliza la ecuación de distribución de weibull,

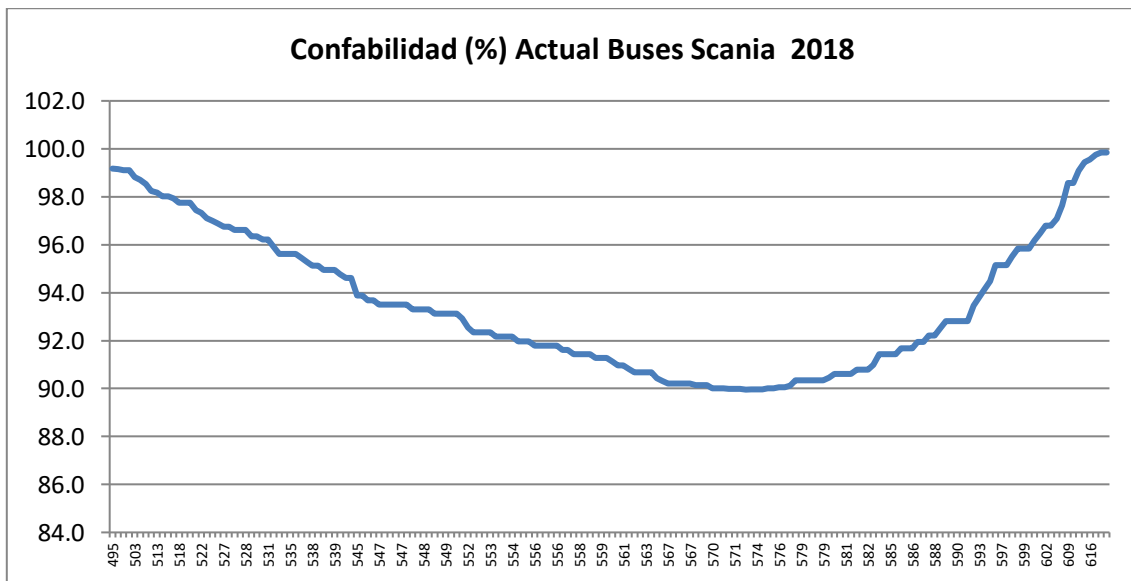
$$F(v) = 1 - \left(\frac{a}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{a-1}e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^a}$$

Reemplazando valores se tiene:

**Tabla 14: Confiabilidad**

MTBF SCANIA	Confiabilidad %	MTBF SCANIA	Confiabilidad %	MTBF SCANIA	Confiabilidad %
495	99.2	546	93.7	575	90.0
496	99.1	547	93.5	576	90.1
497	99.1	548	93.3	577	90.1
503	98.8	549	93.1	579	90.3
505	98.7	550	92.9	580	90.5
508	98.5	552	92.5	581	90.6
512	98.3	553	92.4	582	90.8
513	98.2	554	92.2	583	91.0
515	98.0	555	92.0	585	91.4
516	97.9	556	91.8	587	91.9
518	97.7	557	91.6	588	92.2
521	97.4	558	91.4	589	92.5
522	97.3	559	91.3	590	92.8
524	97.1	560	91.1	592	93.5
525	97.0	561	91.0	593	93.8
526	96.9	562	90.8	594	94.1
527	96.8	563	90.7	595	94.5
528	96.6	565	90.4	597	95.2
528	96.6	566	90.3	598	95.5
530	96.4	567	90.2	599	95.8
531	96.2	568	90.1	600	96.2
533	95.9	570	90.0	601	96.5

535	95.6	570	90.0	602	96.8
536	95.5	570	90.0	603	97.1
537	95.3	571	90.0	605	97.6
538	95.1	571	90.0	609	98.6
539	95.0	571	90.0	612	99.1
540	94.8	573	90.0	615	99.5
541	94.6	574	90.0	616	99.5
545	93.9	574	90.0	619	99.8
				621	99.8



**Figura 9:** Confiabilidad buses Scania

Se concluye que el valor de la confiabilidad del MTBF Actual es de 90.0% de los 15 buses SCANIA, es decir se tiene que el valor de la probabilidad de fallas de 573.65 horas es del 90.0%.

#### **4.2. Diseñar el plan de mantenimiento basado en la metodología TPM en la empresa Transporte Chiclayo**

El plan de mantenimiento basado en el Mantenimiento Productivo Total, se fundamenta en seis pilares, que son: Las Mejoras enfocadas, los mantenimientos autónomos, los mantenimientos de calidad, la educación y el entrenamiento, así como la seguridad del trabajador y el cuidado del medio ambiente. En función a esta filosofía de mantenimiento se diseña el plan de mantenimiento en la empresa de Transportes Chiclayo, se tiene en cuenta lo siguiente:

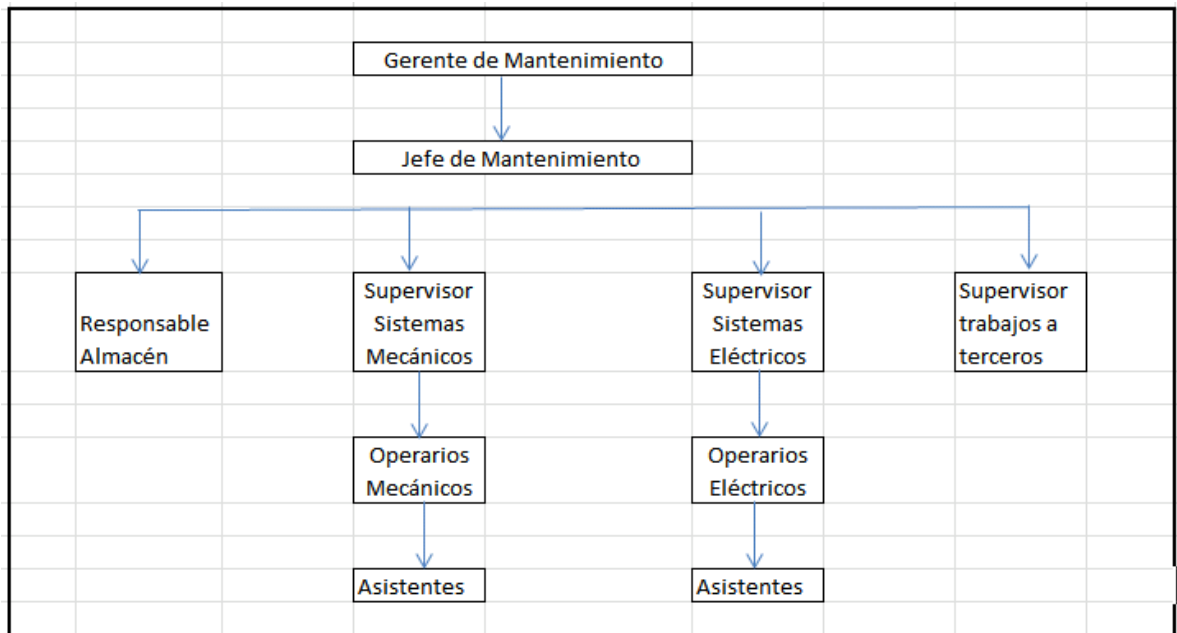
##### **a) Política Institucional de la Empresa**

La empresa tiene como política la de contribuir al bienestar del pasajero para que su viaje resulte en el tiempo planificado y con las mejores condiciones de confort, para lo cual tiene como misión la de ofrecer la mejor experiencia de viaje a nuestros clientes asegurando su confort y seguridad a través de un servicio con valores agregados, y como visión ser la mejor empresa de transporte interprovincial del Perú, comprometida con la sociedad y que se distinga por cumplir con los más altos niveles de servicio al cliente, fomentando el crecimiento, competitividad y liderazgo de sus colaboradores mediante el cambio continuo para servir con compromiso a nuestros clientes.

Para el cumplimiento de ello, se debe tener un indicador alto de disponibilidad de los buses para el servicio, por lo cual el área de mantenimiento de los sistemas de los buses de la empresa, es una de las áreas que debe cumplir a cabalidad lo programado. Además de ello, el mantenimiento preventivo, garantiza valores de alta confiabilidad, y de esa manera, tener alta probabilidad de que los sistemas no fallen durante un determinado tiempo.



## b) Organización del Personal de Mantenimiento.



**Figura 10:** Organización del área de mantenimiento de buses

## c) Funciones de cada personal del Mantenimiento

### Gerente de Mantenimiento

La función principal del Gerente de Mantenimiento es de ser el responsable de que los servicios ofrecidos por la empresa de transportes Chiclayo, se cumplan tan igual como lo planificado, para lo cual es el responsable de coordinar y de dirigir las acciones de mantenimiento de los sistemas de los buses de la empresa, para lo cual debe contar con el personal adecuado, ser el responsable del control de los bienes del área.

Al establecer un orden de prioridad en la ejecución de las tareas, también desempeña su función en el control de costos, la cual constituye lo que tal vez podamos considerar como una de sus funciones esenciales. El gerente de mantenimiento trabaja con un presupuesto establecido, y debe hacer un uso eficiente del mismo, no solo para evitar incurrir en gastos innecesarios, sino para

establecer una relación de beneficio entre la inversión de capital que realiza la empresa en el departamento, las actividades de mantenimiento, y la disminución de costos y pérdidas por paradas no planificadas, o averías irreparables que conduzcan a la pérdida total de equipos

### **Jefe de Mantenimiento**

El Jefe de Mantenimiento de la Empresa, es un puesto clave dentro del desempeño del área de mantenimiento de los sistemas de los buses de la empresa de transportes Chiclayo, porque es el responsable de las operaciones y tareas que se realizan en el taller, teniendo entre otras funciones la de:

- Planificar y coordinar el trabajo que se va a realizar a realizarse en el taller de reparación o de mantenimiento de los sistemas de los buses.
  - Controlar el mantenimiento y las reparaciones realizadas a los buses.
  - Personalmente realiza la inspección de las fallas que se presentan en los buses.
  - Seleccionar los materiales y los repuestos necesarios que se van a utilizar de acuerdo a diagnóstico previo.
  - Distribuir las operaciones y tareas para el personal supervisor y operario del área.
  - Autorizar y supervisar el mantenimiento y reparación de los equipos y aparatos mecánicos, eléctricos, hidráulicos y electrónicos de la unidad.
  - Evaluar y controlar el uso, la salida y la entrada de todos los materiales, el uso de las herramientas, el ingreso de los repuestos, la cantidad de lubricantes y aceites utilizados en los buses de la empresa.
  - Mantener en orden todos los equipos y los puestos de trabajo, realizando reportes ante el Gerente de mantenimiento.
- d) Coordinación entre Área de Administración y Mantenimiento.
- e) Gestión de Almacén de Repuestos.
- f) Utilización de Formatos de servicios, orden de compra y servicio de terceros.

- g)** Diseño de un programa de mantenimiento de acuerdo al kilometraje recorrido o a las horas de funcionamiento.

Para diferenciar la aplicación de la tarea a realizar entre los sistemas de mantenimiento, se agregaron códigos que permitan identificar qué tipo de tarea se va a ejecutar. Las nomenclaturas son las siguientes:

**1:** Revisión, corrección o reemplazo según lo necesite.

**R:** Reemplazo.

**\***: Verificar según catálogos del fabricante

**Tabla 15: Programa de Plan de Mantenimiento Diario**

<b>Grupo de programa</b>	<b>Rutina de mantenimiento</b>		
<b>A</b>	<b>DIARIA</b>	<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO</b>	<b>CODIGO</b>
SISTEMA DE MOTOR		Revisión del aceite de motor	1
SISTEMA DE MOTOR		Bandas o fajas	1
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Drenar separadores de agua del sistema	1
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Revisión de las líneas de combustible y mangueras flexibles	1
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Verificar nivel del refrigerante	1
SISTEMA DE AIRE		Revisión del turbo cargador	1
SISTEMA ELECTRICO		Códigos activos en el tablero	1
SISTEMA ELECTRICO		Revisar baterías	1

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 16: Programa de Plan de Mantenimiento cada 300 Hrs o 10.000 km**

Grupo de programa	Rutina de mantenimiento			
B	MENSUAL (M. PREVENTIVO)	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGO	H/H ESTIMADAS
SISTEMA DE MOTOR		Aceite de motor	R	½
SISTEMA DE MOTOR		Filtros lubricantes de motor	R	¾
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Drenar separadores de agua del sistema	R	¼
SISTEMA DE AIRE		Filtros de aire	1	¼
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Medir concentración del sistema de enfriamiento	1	½
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Nivel de refrigerante	1	¼
SISTEMA ELECTRICO		Limpiar contactos de bornes de baterías	1	½
SISTEMA ELECTRICO		Nivel de agua de las baterías	1	¼
SISTEMA ELECTRICO		Fusibles	1	½
SISTEMA ELECTRICO		Sensores de presión y temperatura	1	¼
SISTEMA ELECTRICO		Bombillas direccionales, freno, alta y baja	1	¼
			Total H/H	4 1/4

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 17 Programa de Plan de Mantenimiento cada 600 Hrs ó 20.000 km**

Grupo de programa	Rutina de mantenimiento			
C	600Hrs o 20.000km(M. preventivo)	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGO	H/H ESTIMADAS
SISTEMA DE MOTOR		Aceite de motor	R	½
SISTEMA DE MOTOR		Filtros lubricantes de motor	R	¾
SISTEMA DE MOTOR		Bandas o fajas	R	¼
SISTEMA DE MOTOR		Presión del cárter	1	¼
SISTEMA DE MOTOR		Presión de aceite	1	¼
SISTEMA DE AIRE		Filtro de aire	1	¼
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Filtro de combustible primario y secundario	1	½
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Drenar separadores de agua del sistema	1	¼
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Medir concentración del sistema de enfriamiento	1	½
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Nivel de refrigerante	1	¼
SISTEMA ELECTRICO		Limpiar contactos de bornes de batería	1	½
SISTEMA ELECTRICO		Fusibles	1	¼
SISTEMA ELECTRICO		Nivel de agua de batería	1	½
SISTEMA ELECTRICO		Bombillas direccionales, freno, alta y baja	1	¼
			TOTAL H/H	5 ¼

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 18: Programa de Plan de Mantenimiento cada 900 Hrs o 30.000 km**

Grupo de programa	Rutina de mantenimiento			
D	900Hrs o 30.000km(M. preventivo)	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGO	H/H ESTIMADAS
SISTEMA DE MOTOR		Aceite de motor	R	½
SISTEMA DE MOTOR		Filtros lubricantes de motor	R	¾
SISTEMA DE AIRE		Filtro de aire	1	¼
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Drenar separadores de agua del sistema	1	¼
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Medir concentración del sistema de enfriamiento	1	½
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Nivel de refrigerante	1	¼
SISTEMA ELECTRICO		Limpiar contactos de bornes de batería	1	½
SISTEMA ELECTRICO		Fusibles	1	¼
SISTEMA ELECTRICO		Nivel de agua de batería	1	½
SISTEMA ELECTRICO		Bombillas direccionales, freno, alta y baja	1	¼
SISTEMA ELECTRICO		Sensores de presión y temperatura		¼
			TOTAL H/H	4 1/4

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 19 Programa de Plan de Mantenimiento cada 1200 Hrs o 40.000 km**

Grupo de programa	Rutina de mantenimiento			
C	600Hrs o 20.000km(M. preventivo)	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGO	H/H ESTIMADAS
SISTEMA DE MOTOR		Aceite de motor	R	1/2
SISTEMA DE MOTOR		Filtros lubricantes de motor	R	3/4
SISTEMA DE MOTOR		Sellos termostatos	1	1/4
SISTEMA DE MOTOR		Presión de aceite	1	1/4
SISTEMA DE MOTOR		Presión de carter	1	1/4
SISTEMA DE MOTOR		Revisión de pcv	1	1/4
SISTEMA DE MOTOR		Soporte de motor	1	1/4
SISTEMA DE MOTOR		Bandas o fajas	1	1/4
SISTEMA DE AIRE		Filtro de aire	R	1/4
SISTEMA DE AIRE		Compresor de aire	1	1/4
SISTEMA DE AIRE		Turbo cargador	1	1/4
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Filtro de combustible primario y secundario	R	1/2
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Drenar separadores de agua del sistema	1	1/4
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Radiador e intercambiador de calor	1	1/2
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Medir concentración del sistema de enfriamiento	1	1/2
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Nivel de refrigerante	1	1/4
SISTEMA ELECTRICO		alternador	1	1/4
SISTEMA ELECTRICO		Limpiar contacto de borne de batería	1	1/2
SISTEMA ELECTRICO		fusibles	1	1/4
SISTEMA ELECTRICO		Nivel de agua de la batería	1	1/2
SISTEMA ELECTRICO		Motor de arranque	*	1/2
SISTEMA ELECTRICO		Bombillas direccionales, freno, alta y baja	1	1/4
SISTEMA DE ESCAPE		Tubos, abrazaderas, empaque y mufle	1	1/4
			TOTAL H/H	8

**Fuente:** Elaboración propia



### **4.3. Calcular como el plan de mantenimiento basado en la metodología TPM optimiza el funcionamiento de los buses en la empresa Transporte Chiclayo**

#### **4.3.1. Incremento de la Disponibilidad**

Se realiza el análisis del incremento de la disponibilidad, en función a la disminución del número de ingresos de los buses al taller por reparación, es decir la diferencia entre el número de veces que los buses ingresaban por mantenimiento correctivo menor el número de veces que los buses ingresan por mantenimiento preventivo programado, ésta diferencia incrementa los tiempos entre fallos en los sistemas de los buses de la Empresa de Transportes Chiclayo.

En la tabla 14, se muestra la disminución del número de ingresos al taller de los buses, el plan de mantenimiento preventivo contempla el ingreso del bus al taller una vez al mes para el mantenimiento preventivo de todos los sistemas, a la vez que también contempla la revisión diaria de los sistemas del motor.

**Tabla 20: Disminución del número de ingresos al Taller de los Buses**

	Número de veces de ingreso de Buses a Taller																								
	Bus 1	Bus 2	Bus 3	Bus 4	Bus 5	Bus 6	Bus 7	Bus 8	Bus 9	Bus 10	Bus 11	Bus 12	Bus 13	Bus 14	Bus 15	Bus 16	Bus 17	Bus 18	Bus 19	Bus 20	Bus 21	Bus 22	Bus 23	Bus 24	Bus 25
Sin Planificación de mantenimiento	24	25	26	23	26	25	27	29	26	27	28	27	20	21	25	23	23	23	24	24	28	27	22	29	22
Número de Ingresos por Mantenimiento Preventivo	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Disminución del número de ingresos de los buses a Taller	12	13	14	11	14	13	15	17	14	15	16	15	8	9	13	11	11	11	12	12	16	15	10	17	10

**Fuente:** Autoría Propia

Los tiempos promedios que se proyectan para el mantenimiento preventivo de los sistemas de los buses se indican en la tabla 15, los cuales se han determinado en función a la planificación de las áreas de administración para la entrega oportuna de los repuestos solicitados a través de los formatos de requisición de materiales, repuestos, y de servicios, así como también el stock de repuestos en el almacén del taller de mantenimiento de la empresa.

**Tabla 21: Tiempos Promedios de Mantenimiento Preventivo**

Mantenimiento Preventivo del Sistema	Tiempo empleado (Horas)
Sistema de inyección diesel.	2.2
Sistema de refrigeración del motor.	1.4
Sistema Eléctrico.	1.2
Caja de velocidades.	1.6
Sistema de suspensión.	0.8
Sistema de luces.	1.2
Sistema de frenos.	1.2
Carrocería.	0.4
Fugas de aceite en motor, caja de dirección, sistema de transmisión.	0.6
Total (Horas)	10.6

**Fuente:** Autoría Propia.

10.6 horas, es el tiempo que se emplea en el mantenimiento preventivo, que se realiza una vez al mes a cada bus, con lo cual los mantenimientos correctivos en un escenario conservador se reducen al 30% con respecto a lo que ocurre cuando no existe mantenimiento preventivo, se tiene que la determinación del nuevo valor de MTTR, de la forma siguiente:

$$MTTR(n) = 10.6 + 0.3 (MTTR)$$

Reemplazando cada valor en los 25 buses analizados, se tiene en la tabla 16, los valores de tiempo promedio de reparación.

**Tabla 22: Nuevo valor de MTTR**

N° BUS	MTTR promedio anual Sin Mantenimiento Preventivo (Horas)	MTTR(n) Promedio Anual con Mantenimiento Preventivo (Horas)
1	117.7	45.9
2	110.0	43.6
3	118.3	46.1
4	120.8	46.8
5	113.5	44.7
6	115.7	45.3
7	124.3	47.9
8	124.1	47.8
9	124.3	47.9
10	120.9	46.9
11	148.9	55.3
12	141.3	53.0
13	149.5	55.5
14	152.0	56.2
15	144.8	54.0
16	146.9	54.7
17	154.9	57.1
18	154.4	56.9
19	154.5	57.0
20	150.6	55.8
21	178.7	64.2
22	170.4	61.7
23	178.4	64.1
24	182.0	65.2
25	174.8	63.0

**Fuente:** Autoría propia

El tiempo total en un mes son 720 horas, es decir que el valor del MTBF (n), que es el tiempo entre fallos, se determina de la diferencia entre 720 horas menos el valor del MTTR(n); en la tabla 17, se muestra los nuevos valores de MTBF (n), aplicando el mantenimiento preventivo a los buses de la Empresa de Transportes Chiclayo.

**Tabla 23: Nuevo valor del MTBF**

N° BUS	MTBF(n) Promedio Anual Sin Mantenimiento Preventivo (Horas)	MTBF(n) Promedio Anual con Mantenimiento Preventivo (Horas)
1	602.3	674.1
2	610.0	676.4
3	601.8	673.9
4	599.3	673.2
5	606.5	675.4
6	604.3	674.7
7	595.7	672.1
8	595.9	672.2
9	595.7	672.1
10	599.1	673.1
11	571.1	664.7
12	578.8	667.0
13	570.5	664.6
14	568.0	663.8
15	575.3	666.0
16	573.1	665.3
17	565.1	662.9
18	565.6	663.1
19	565.5	663.1
20	569.4	664.2
21	541.3	655.8
22	549.6	658.3
23	541.6	655.9
24	538.0	654.8
25	545.3	657.0

**Fuente:** Autoría Propia

### **Determinación de la Disponibilidad aplicando el plan de mantenimiento preventivo**

El valor de la disponibilidad de cada bus, se determina con la expresión:

$$D(n) = 100 * \frac{MTBF(n)}{(MTBF(n) + MTTR(n))}$$

Dónde:

D: Disponibilidad.

MTBF(n) = Tiempo promedio entre defectos, aplicando mantenimiento preventivo

MTTR(n) = Tiempo promedio de arreglo, aplicando mantenimiento preventivo

**Tabla 24: Nuevo valor de la Disponibilidad D(n)**

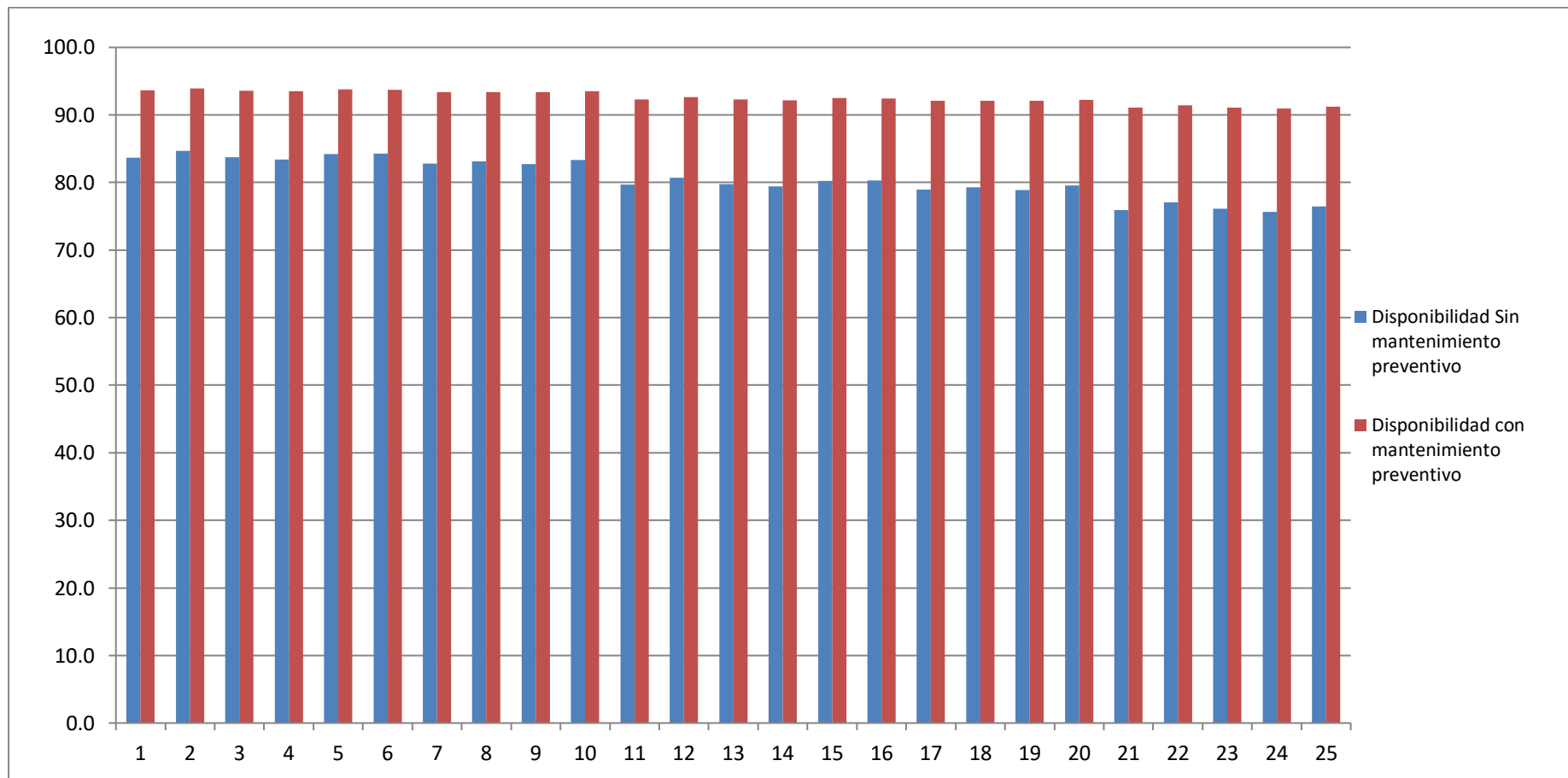
N° BUS	MTTR(n) Promedio Anual con Mantenimiento Preventivo (Horas)	MTBF(n) Promedio Anual con Mantenimiento Preventivo (Horas)	Disponibilidad con mantenimiento preventivo D(n)
1	45.9	674.1	93.6
2	43.6	676.4	93.9
3	46.1	673.9	93.6
4	46.8	673.2	93.5
5	44.7	675.4	93.8
6	45.3	674.7	93.7
7	47.9	672.1	93.3
8	47.8	672.2	93.4
9	47.9	672.1	93.3
10	46.9	673.1	93.5
11	55.3	664.7	92.3
12	53.0	667.0	92.6
13	55.5	664.6	92.3
14	56.2	663.8	92.2
15	54.0	666.0	92.5
16	54.7	665.3	92.4
17	57.1	662.9	92.1
18	56.9	663.1	92.1
19	57.0	663.1	92.1
20	55.8	664.2	92.3
21	64.2	655.8	91.1
22	61.7	658.3	91.4
23	64.1	655.9	91.1
24	65.2	654.8	90.9
25	63.0	657.0	91.2

Comparación del incremento de la disponibilidad de los buses al aplicar el plan de mantenimiento preventivo.

**Tabla 25: Incremento de la disponibilidad**

N° BUS	Disponibilidad con mantenimiento preventivo	Disponibilidad Sin mantenimiento preventivo	Incremento de Disponibilidad %
1	93.6	83.7	10.0
2	93.9	84.7	9.3
3	93.6	83.7	9.9
4	93.5	83.4	10.1
5	93.8	84.2	9.6
6	93.7	84.3	9.4
7	93.3	82.8	10.5
8	93.4	83.1	10.2
9	93.3	82.7	10.6
10	93.5	83.3	10.2
11	92.3	79.7	12.6
12	92.6	80.7	11.9
13	92.3	79.8	12.5
14	92.2	79.4	12.8
15	92.5	80.2	12.3
16	92.4	80.3	12.1
17	92.1	78.9	13.1
18	92.1	79.3	12.8
19	92.1	78.9	13.2
20	92.3	79.6	12.7
21	91.1	75.9	15.2
22	91.4	77.0	14.4
23	91.1	76.1	15.0
24	90.9	75.6	15.3
25	91.2	76.4	14.8

**Fuente:** Autoría Propia



**Figura 11:** Incremento de la disponibilidad



#### 4.3.2. Cálculo de la confiabilidad aplicando el plan de mantenimiento en la empresa de transportes Chiclayo

##### Vehículos Volvo

Con la información de los nuevos valores de MTBF, se realiza el análisis de Weibull, para determinar la probabilidad de fallo de los servicios, luego de aplicar el plan de mantenimiento en la empresa transportes Chiclayo.

**Tabla 26: Mediana**

N°	Valor de MTBF	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4)),	1/(1-Mediana)	Y = ln(ln(1/(1-Mediana)))	X = ln(MTBF)	X.Y	X2
1	672.1	0.07	1.07	-2.7	6.5	-17.3	42.4
2	672.1	0.16	1.20	-1.7	6.5	-11.2	42.4
3	672.2	0.26	1.35	-1.2	6.5	-7.8	42.4
4	673.1	0.36	1.55	-0.8	6.5	-5.4	42.4
5	673.2	0.45	1.82	-0.5	6.5	-3.3	42.4
6	673.9	0.55	2.21	-0.2	6.5	-1.5	42.4
7	674.1	0.64	2.81	0.0	6.5	0.2	42.4
8	674.7	0.74	3.85	0.3	6.5	1.9	42.4
9	675.4	0.84	6.12	0.6	6.5	3.9	42.4
10	676.4	0.93	14.86	1.0	6.5	6.5	42.5
	suma			-5.2	65.1	-34.0	424.2

**Fuente:** Vehículos Volvo

Realizando la metodología del método de Weibull, descrito en el ítem 3.2. se tiene:

$$a = \frac{n \cdot \sum(X \cdot Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \cdot \sum(X \cdot Y)}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

Reemplazando valores:

$$a = 474.77$$

$$b = -3092.63 = k$$

La ecuación de la recta es:

$$Y = aX + b$$

De la expresión:  $a = -k \ln(c)$  y  $b=k$

Se tiene:

$$c = e^{\frac{-k}{a}}$$

$$c = e^{\frac{3092.63}{474.77}} = 674.46$$

Factor de forma	Factor de escala (MTBF)
474.77	674.46

Probabilidad de ocurrencia de MTBF

Se utiliza la ecuación de distribución de weibull,

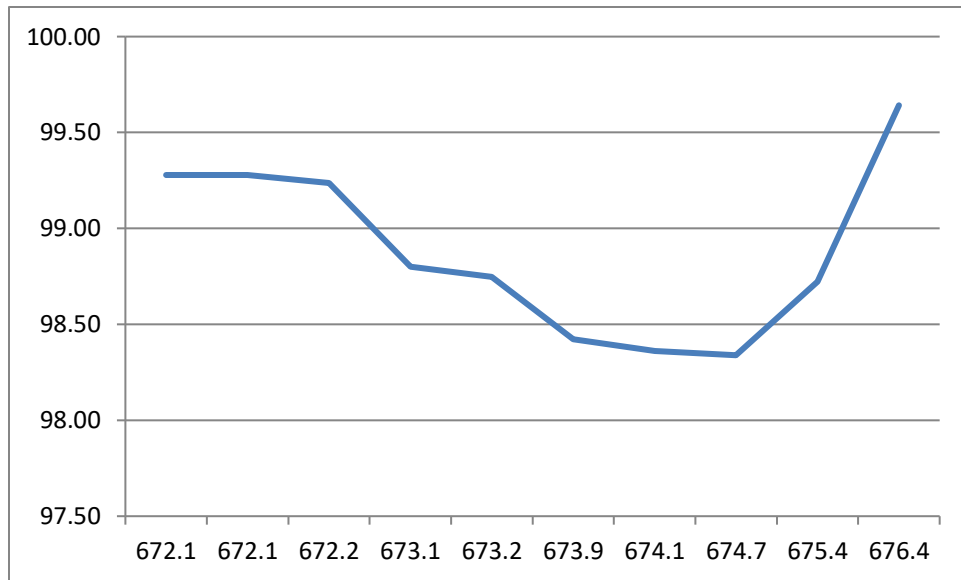
$$F(v) = 1 - \left(\frac{a}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{a-1}e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^a}$$

Reemplazando valores se tiene:

**Tabla 27: Confiabilidad valores**

MTBF VOLVO	Confiabilidad %
672.1	99.28
672.1	99.28
672.2	99.24
673.1	98.80
673.2	98.75
673.9	98.42
674.1	98.36
674.7	98.34
675.4	98.72
676.4	99.64

**Fuente:** Autoría Propia



**Figura 12: Confiabilidad valores**

Se concluye que el valor de la confiabilidad del MTBF proyectado con los planes de mantenimiento propuesto es de 98.34% de los 10 buses VOLVO, es decir se tiene que el valor de la probabilidad de fallas de 674.7 horas es del 99.34%.

### Vehículos Scania

Con la información de los nuevos valores de MTBF, se realiza el análisis de Weibull, para determinar la probabilidad de fallo de los servicios, luego de aplicar el plan de mantenimiento en la empresa transportes Chiclayo.

**Tabla 28: MTBF**

N°	Valor de MTBF	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4))	1/(1-Mediana)	Y = ln(ln(1/(1-Mediana)))	X = ln(MTBF)	X.Y	X2
1	654.8	0.0	1.0	-3.1	6.5	-19.9	42.0
2	655.8	0.1	1.1	-2.1	6.5	-13.9	42.1
3	655.9	0.2	1.2	-1.6	6.5	-10.7	42.1
4	657	0.2	1.3	-1.3	6.5	-8.4	42.1
5	658.3	0.3	1.4	-1.0	6.5	-6.6	42.1
6	662.9	0.4	1.6	-0.8	6.5	-5.0	42.2
7	663.1	0.4	1.8	-0.6	6.5	-3.6	42.2
8	663.1	0.5	2.0	-0.4	6.5	-2.4	42.2
9	663.8	0.6	2.3	-0.2	6.5	-1.2	42.2

1 0	664.2	0.6	2.7	0.0	6.5	0.0	42.2
1 1	664.6	0.7	3.3	0.2	6.5	1.1	42.2
1 2	664.7	0.8	4.2	0.4	6.5	2.3	42.2
1 3	665.3	0.8	5.7	0.6	6.5	3.6	42.3
1 4	666	0.9	9.1	0.8	6.5	5.1	42.3
1 5	667	1.0	22.0	1.1	6.5	7.3	42.3
	suma			-8.1	97.4	-52.2	632.8

**Fuente:** Autoría propia

Realizando la metodología del método de Weibull, descrito en el ítem 3.2. se tiene:

$$a = \frac{n \cdot \sum(X \cdot Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \cdot \sum(X \cdot Y)}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

Reemplazando valores:

$$a = 173.5$$

$$b = -1127.5 = k$$

La ecuación de la recta es:

$$Y = aX + b$$

De la expresión:  $a = -k \ln(c)$  y  $b=k$

Se tiene:

$$c = e^{\frac{-k}{a}}$$

$$c = e^{\frac{1125}{173.5}} = 663.8$$

Factor de forma	Factor de escala (MTBF)
173.5	663.8

Probabilidad de ocurrencia de MTBF

Se utiliza la ecuación de distribución de weibull,

$$F(v) = 1 - \left(\frac{a}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{a-1}e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^a}$$

Reemplazando valores se tiene:

**Tabla 29: MTBF SCANIA**

MTBF SCANIA	Confiabilidad %
654.8	99.86
655.8	99.82
655.9	99.81
657	99.76
658.3	99.69
662.9	99.39
663.1	99.39
663.1	99.39
663.8	99.37
664.2	99.38
664.6	99.39
664.7	99.39
665.3	99.43
666	99.49
667	99.61

**Fuente:** Scania

Se concluye que el valor de la confiabilidad del MTBF proyectado con los planes de mantenimiento propuesto es de 98.34% de los 15 buses SCANIA, es decir se tiene que el valor de la probabilidad de fallas de 663.8 horas es del 99.37%

**4.4. Realizar una evaluación económica de la propuesta, utilizando indicadores tales como VAN y TIR para determinar la viabilidad del proyecto**

**4.4.1. Inversión Inicial del Proyecto**

La inversión inicial del proyecto, está dado por la adquisición oportuna de los repuestos, servicios en el taller, y servicios de terceros en la empresa de transportes Chiclayo.

**Tabla 30: Inversión Inicial del Proyecto**

	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (S/)	Costo Total (S/)
Mantenimiento	Mantenimiento 10000 Km	N° Buses	5	1800	9000
	Mantenimiento 20000 Km	N° Buses	5	2200	11000
	Mantenimiento 30000 Km	N° Buses	5	2400	12000
	Mantenimiento 40000 Km	N° Buses	10	2700	27000
Servicio de Terceros			25	350	8750
Jefe de Mantenimiento		Sueldo mensual	1	2300	2300
Técnico Mecánico/Eléctrico		Sueldo mensual	3	1300	3900
	TOTAL (S/)				73950

**Fuente:** Inversión inicial en Mantenimiento Preventivo

Dichos mantenimientos se realizan en promedio cada 3 meses, es decir se tiene una inversión de  $3 \times 73950 = 221850$  Soles.

**4.4.2. Ingresos que genera el Proyecto**

Para efectos de determinar la rentabilidad del proyecto, se determina los ingresos que genera la propuesta, al tener mayor valor de disponibilidad de los buses, el

número de servicios se incrementa, por lo tanto se incrementan los ingresos de la Empresa de Transportes Chiclayo.

El valor de la disponibilidad de los buses se incrementa entre el 10 y 14%, es decir que en la misma proporción se incrementan el número de servicios que ofrecen los buses.

El tiempo promedio de servicio de un viaje de Chiclayo a Piura y Viceversa, que es la ruta de mayor frecuencia que ofrece la empresa de Transportes Chiclayo, es de 9 Horas, es decir que en un mes se tiene 720 horas, y el menor incremento de la disponibilidad que es el 10%, equivale a 72 horas, que corresponde a un incremento de  $72/9 = 8$  servicios al mes, que para un total de 25 buses, se tendrá  $25*8 = 200$  Servicios más al mes por el incremento de disponibilidad.

La utilidad promedio de cada servicio, es de aproximadamente 400 Soles, por lo tanto en el periodo de un mes se tiene un incremento de los ingresos de  $400*200 = 80000$  Soles al mes.

#### 4.4.3. Flujo de caja del Proyecto

El flujo de caja de la presente propuesta, se realiza en un periodo de 12 meses.

**Tabla 31: Flujo de caja**

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Egresos (S/)	221850	0	0	0	221850	0	0	0	221850	0	0	0	221850
Ingresos (S/)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	80000	80000	80000	80000	80000	80000	80000
Utilidad (S/)	-141850	80000	80000	80000	-141850	80000	80000	80000	-141850	80000	80000	80000	-141850

**Fuente:** Autoría Propia

#### 4.4.4. Análisis con indicadores económicos

##### Valor Actual Neto

Los valores de los ingresos y egresos mensuales, llevándolos al mes cero, donde se inicial el proyecto, con una tasa de interés del 3.5% mensual, que es la tasa que se evalúa en créditos para proyectos de inversión de menor escala en las diferentes instituciones financieras de la ciudad de Chiclayo.

Utilidad actualizada al tiempo 0:

$$Ia = \frac{In * [(1 + i)^n - 1]}{[i * (1 + i)^n]}$$

Dónde:

In: Ingresos mensuales: S/. 80000

Ia: Ingreso actualizado al mes 0

i: Tasa de Interés: 3.5% Mensual.

n: Número de Meses: 12

**Tabla 32: Cálculo de los Ingresos actualizados al mes cero**

Mes	0	1	2	3	8	9	10	11	12
Egresos (S/)	221850	0	0	0	221850	0	0	0	221850
Ingresos (S/)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	80000	80000	80000
Utilidad (S/)	141850	80000	80000	80000	141850	80000	80000	80000	141850

S/. 118,449.48  
VNA(0.035,C9:O9)

**Fuente:** Autoría Propia



Reemplazando valores obtenemos: VNA = S/. 118499.48

### Tasa Interna de Retorno

Para calcular la tasa interno de retorno, se determina haciendo que los ingresos actualizados con una tasa de interés a determinar es igual a la inversión inicial del proyecto.

$$Inv = \frac{Ia * [(1 + TIR)^n - 1]}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Dónde:

Inv: Inversión Inicial cada tres meses S/. 221850

Ia: ingresos actualizados al mes 0

TIR: Tasa Interna de Retorno.

n; Número de meses 12

**Tabla 33: Cálculo de la Tasa Interna de Retorno**

Mes	0	1	2	3	8	9	10	11	12
Egresos (S/)	221850	0	0	0	221850	0	0	0	221850
Ingresos (S/)	80000	80000	80000	80000	80000	80000	80000	80000	80000
Utilidad (S/)	-	80000	80000	80000	-	80000	80000	80000	-

30%  
TIR(C9:O9)

**Fuente:** Autoría Propia

Reemplazando valores, y mediante una metodología de aproximaciones o utilizando el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, siendo este igual a 30% mensual, que representa un valor superior al interés bancario actual que oscila al 3.5 % mensual.

## **V. Discusión**

La gestión de mantenimiento de los buses de la empresa de Transportes Chiclayo, implica mejorar la productividad de la empresa, para lo cual es necesario la evaluación de los indicadores de mantenimiento, como son la disponibilidad y la confiabilidad, dichos indicadores se comparan con los indicadores de otras empresas de transportes de buses en la región norte del País; debido a la falta de la implementación de un mantenimiento preventivo, los valores de disponibilidad y confiabilidad, presentan valores muy bajos, menores al 82% , para ser considerados como mantenimiento de clase mundial.

Un valor menor al 82% de la disponibilidad y confiabilidad de los buses, la toma de decisiones del personal de mantenimiento, de servicio y administración es importante, porque se tiene que decidir si el bus sale fuera de servicio o ingresa a un procesos de reparación de todos sus sistemas, para luego implementarse un plan de mantenimiento preventivo, en el cual se realice gestión en el mantenimiento, es decir que desde el área de administración hasta el área de mantenimiento y servicios, se trabaje coordinadamente en los reportes de mantenimiento, compra de repuestos, requisiciones de servicio, entre otros.

La metodología empleada que es el análisis probabilístico de weibull, es utilizado para determinar la probabilidad de fallos de los equipos, en trabajos de investigación de operación de otras empresas dedicadas al transporte inter provincial de pasajeros, utilizan dicho análisis, debido a que la probabilidad está en función a la variabilidad de los datos registrados.

## **VI. Conclusiones**

- Se determinó que los valores promedio de disponibilidad anual de cada uno de los 25 buses, tiene un valor menor de disponibilidad el bus N° 24, con un valor de 75.6% y el de mayor disponibilidad el bus N° 2 con 84.7%. Es decir ningún bus tiene un valor de disponibilidad mayor al 85%, lo cual es un indicador que la Empresa presenta retrasos para ofrecer los servicios; en algunos casos los viajes programados son realizados por otros buses, lo que conlleva a modificar los servicios diarios de la empresa de transportes Chiclayo.
- Se hizo el diseño del plan de mantenimiento preventivo Total, el cual se fundamenta en seis pilares, que son: Las Mejoras enfocadas, los mantenimientos autónomos, los mantenimientos de calidad, la educación y el entrenamiento, así como la seguridad del trabajador y el cuidado del medio ambiente.
- Se calculó que el valor de la confiabilidad del MTBF proyectado con los planes de mantenimiento propuesto es de 98.34% de los 15 buses SCANIA, es decir se tiene que el valor de la probabilidad de fallas de 663.8 horas es del 99.37%. Mientras que el valor de la confiabilidad del MTBF proyectado con los planes de mantenimiento propuesto es de 98.34% de los 10 buses VOLVO, es decir se tiene que el valor de la probabilidad de fallas de 674.7 horas es del 99.34%.
- Se realizó la evaluación económica de la propuesta, con un valor actual neto de 118499.48 Soles, una tasa interna de retorno del 30% mensual, superior al interés bancario, indicadores que hacen factible la ejecución de la propuesta.

## **VII. Recomendaciones**

- Se recomienda establecer medios de comunicación directa entre el personal que conduce las unidades vehiculares, el personal de mantenimiento, personal de servicio y área de administración de la empresa, para que se tenga el abastecimiento de los repuestos de manera oportuna, así como también la prestación de servicios de terceros; además se debe establecer estándares mínimos de calidad de los repuestos, a fin de que el periodo de vida de éstos sea duradero.
- Se debe tener un plan de uso de los buses durante un tiempo determinado, a fin de establecer y programar los mantenimientos preventivos, las mediciones de las variables de funcionamiento de los sistemas.
- Tener un registro de las variables de control electrónico del motor, caja de cambios, sistema de frenos, dirección y suspensión, con la finalidad de determinar cómo evoluciona el en tiempo los desgastes en los sistemas.

## Referencias

- Buelvas Díaz, Camilo Ernesto. Elaboración De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria Pesada De La Empresa L&L. 2014.
- Escobar Real, Luisa María. Diseño De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para Los Buses De Clase Urbano Del Sistema Integrado De Transporte (Sitp), Para Así Brindar Un Mejor Servicio Y Mayor Seguridad. 2017.
- Espinoza Tejada, Marco Antonio. Mejora Del Plan De Mantenimiento Preventivo Para Incrementar La Disponibilidad De Los Buses De La Empresa De Transporte Allin Group Javier Prado Sa Concesionaria De Los Corredores Complementarios De La Municipalidad De Lima. 2018.
- Gave Barja, Raúl Antonio. Implementación De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para Reducir Las Fallas De Los Buses Golden Dragon De La Unalm, En La Ciudad De Lima 2017. 2017.
- Gómez Cabrera, Iliana Martha. *Plan De Mantenimiento Para Elevar La Eficiencia En El Uso De Buses Articulados En El Consorcio Metroquil De La Ciudad De Guayaquil*. 2014. Tesis Doctoral.
- Luna Caffroni, Francia Rosa; Arteaga Suárez, Roberto; Fajardo Cuadro, Juan Gabriel. Aplicabilidad De Tecnologías Del Mantenimiento Predictivo En El Programa De Mantenimiento De La Flota De Buses Npr Diesel De Translaminar Ltda. 2011.
- Prieto, María Isabel Arias, Et Al. Mantenimiento Predictivo. 2016.
- Velásquez, Jhonny Alexander Maya; Alexander, Jhonny. Aplicación De Rcm Como Estrategia De Implementación Del Mantenimiento Predictivo Para La Metodología Tpm. *Universidad Nacional De Colombia, Medellín*, 2018.

- Velásquez, Jhonny Alexander Maya; Alexander, Jhonny. Aplicación De Rcm Como Estrategia De Implementación Del Mantenimiento Predictivo Para La Metodología Tpm. *Universidad Nacional De Colombia, Medellín*, 2018.
- Vera Arceles, Jorge. Plan De Mantenimiento Basado En La Metodología Del Tpm Para La Optimización De La Producción De Bebidas Gasificadas De La Empresa Ajeper Sa. 2019.
- Villena Andia, Ali Omar. Propuesta De Implementación De Un Plan De Mantenimiento De Equipos Bajo Las Técnicas Del Tpm En Una Empresa Constructora. 2017.
- Yalan, Solar; Michell, Cristian. Propuesta De Mantenimiento Productivo Total (Tpm) Para Mejorar El Rendimiento De La Flota De Vehículos En Una Empresa De Residuos Sólidos. 2020.

## Anexos

### Anexo 1: Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFICNIÓN OPERACIONAL	Indicadores	ESCALA MEDICION
Variable Independiente: PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA TPM	El un plan que tiene como objeto de estudio eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, o en otras palabras, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas	La implicación del operador en tareas de mantenimiento logra que éste comprenda mejor la máquina e instalaciones que opera, sus características y capacidades, su criticidad	Averías	Veces
			Tiempos muertos	Horas
			Cero defectos	Veces
			Rendimiento	Porcentaje

Variable Dependiente: PRODUCTIVIDAD DE LOS BUSES EN LA EMPRESA TRANSPORTE CHICLAYO	Es una medida económica que calcula cuántos servicios se han producido por cada factor utilizado en la empresa de transportes Chiclayo.	Se determina por el número de servicios que realiza cada bus en la ruta Chiclayo – Lima –Piura.	Producción.  Productividad.	Número de servicios por semana
---	---	---	-----------------------------------	-----------------------------------

## Anexo 2: GUIA DE OBSERVACION: REGISTRO DE MTBF Y MTTR

REGISTRO DE TIEMPO PROMEDIO DE DEFECTOS Y EL TIEMPO DE ARREGLO EN BUSES - TRANSPORTES CHICLAYO																								
N° B U S	ene-18		feb-18		mar-18		abr-18		may-18		jun-18		jul-18		ago-18		sep-18		oct-18		nov-18		dic-18	
	MT BF	MT TR	MT BF	MT TR	MT BF	MT TR	MT BF	MT TR	MT BF	MT TR	MT BF	MT TR	MT BF	MT TR	MT BF	MT TR	MT BF	MT TR	MT BF	MT TR	MT BF	MT TR	MT BF	MT TR
1	59 8	12 2	58 1	13 9	59 2	12 8	64 0	80	60 9	11 1	58 5	13 5	62 2	98	60 0	12 0	59 5	12 5	60 6	11 4	61 1	10 9	58 9	13 1
2	61 1	10 9	60 1	11 9	59 5	12 5	63 5	85	63 5	85	60 5	11 5	62 5	95	59 1	12 9	58 4	13 6	61 7	10 3	61 3	10 7	60 8	11 2
3	58 6	13 4	61 2	10 8	57 9	14 1	63 8	82	62 0	10 0	58 5	13 5	60 0	12 0	57 7	14 3	57 2	14 8	63 9	81	62 2	98	59 1	12 9



4	60 8	11 2	58 1	13 9	57 7	14 3	60 5	11 5	60 0	12 0	61 4	10 6	59 9	12 1	59 2	12 8	60 6	11 4	61 6	10 4	58 2	13 8	61 1	10 9
5	58 5	13 5	59 9	12 1	59 4	12 6	62 8	92	61 3	10 7	60 5	11 5	61 1	10 9	62 2	98	59 3	12 7	62 3	97	60 3	11 7	60 2	11 8
6	61 2	10 8	59 7	12 3	56 2	15 8	59 8	12 2	60 5	11 5	61 4	10 6	62 2	98	63 6	84	59 6	12 4	61 7	10 3	62 4	96	56 9	15 1
7	57 6	14 4	59 0	13 0	58 5	13 5	60 4	11 6	60 9	11 1	58 3	13 7	62 6	94	59 2	12 8	58 4	13 6	62 7	93	58 1	13 9	59 1	12 9
8	59 4	12 6	60 1	11 9	55 9	16 1	60 0	12 0	61 8	10 2	59 2	12 8	61 1	10 9	57 6	14 4	60 6	11 4	60 3	11 7	58 0	14 0	61 1	10 9
9	59 8	12 2	59 7	12 3	59 3	12 7	60 7	11 3	60 5	11 5	60 3	11 7	60 7	11 3	57 6	14 4	61 0	11 0	59 6	12 4	56 7	15 3	58 9	13 1
10	58 3	13 7	61 5	10 5	58 1	13 9	61 6	10 4	59 6	12 4	61 0	11 0	63 4	86	60 2	11 8	57 5	14 5	61 7	10 3	57 9	14 1	58 1	13 9
11	55 3	16 7	53 9	18 1	56 0	16 0	62 1	99	58 6	13 4	55 6	16 4	59 0	13 0	57 9	14 1	55 6	16 4	58 8	13 2	57 9	14 1	54 6	17 4
12	56 6	15 4	55 9	16 1	56 3	15 7	61 6	10 4	61 2	10 8	57 6	14 4	59 3	12 7	57 0	15 0	54 5	17 5	59 9	12 1	58 1	13 9	56 5	15 5
13	54 1	17 9	57 0	15 0	54 7	17 3	61 9	10 1	59 7	12 3	55 6	16 4	56 8	15 2	55 6	16 4	53 3	18 7	62 1	99	59 0	13 0	54 8	17 2
14	56 3	15 7	53 9	18 1	54 5	17 5	58 6	13 4	57 7	14 3	58 5	13 5	56 7	15 3	57 1	14 9	56 7	15 3	59 8	12 2	55 0	17 0	56 8	15 2
15	54 0	18 0	55 7	16 3	56 2	15 8	60 9	11 1	59 0	13 0	57 6	14 4	57 9	14 1	60 1	11 9	55 4	16 6	60 5	11 5	57 1	14 9	55 9	16 1
16	56 7	15 3	55 5	16 5	53 0	19 0	57 9	14 1	58 2	13 8	58 5	13 5	59 0	13 0	61 5	10 5	55 7	16 3	59 9	12 1	59 2	12 8	52 6	19 4
17	53 1	18 9	54 8	17 2	55 3	16 7	58 5	13 5	58 6	13 4	55 4	16 6	59 4	12 6	57 1	14 9	55 3	16 7	60 9	11 1	54 9	17 1	54 8	17 2
18	54 9	17 1	55 9	16 1	52 7	19 3	58 1	13 9	59 5	12 5	56 3	15 7	57 9	14 1	55 8	16 2	57 5	14 5	58 5	13 5	54 8	17 2	56 8	15 2

19	55 3	16 7	55 5	16 5	56 1	15 9	58 8	13 2	58 2	13 8	57 4	14 6	57 5	14 5	55 5	16 5	57 9	14 1	58 3	13 7	53 5	18 5	54 6	17 4
20	53 8	18 2	57 3	14 7	54 9	17 1	59 7	12 3	57 4	14 6	58 1	13 9	60 2	11 8	58 1	13 9	55 4	16 6	59 9	12 1	54 7	17 3	53 8	18 2
21	50 8	21 2	49 7	22 3	52 8	19 2	60 2	11 8	56 3	15 7	52 7	19 3	55 8	16 2	55 8	16 2	53 5	18 5	57 0	15 0	54 7	17 3	50 3	21 7
22	52 1	19 9	51 8	20 2	53 1	18 9	59 7	12 3	58 9	13 1	54 7	17 3	56 1	15 9	54 9	17 1	52 4	19 6	58 7	13 3	54 9	17 1	52 2	19 8
23	49 6	22 4	52 8	19 2	51 5	20 5	60 0	12 0	57 4	14 6	53 5	18 5	53 6	18 4	53 7	18 3	51 2	20 8	60 3	11 7	55 8	16 2	50 5	21 5
24	51 8	20 2	49 7	22 3	51 3	20 7	56 7	15 3	55 4	16 6	55 6	16 4	53 5	18 5	55 2	16 8	54 1	17 9	58 0	14 0	51 8	20 2	52 5	19 5
25	49 5	22 5	51 5	20 5	53 0	19 0	59 0	13 0	56 7	15 3	54 7	17 3	54 7	17 3	58 2	13 8	52 8	19 2	58 7	13 3	53 9	18 1	51 6	20 4

### Anexo 3: GUIA DE OBSERVACION: REGISTRO DE NÚMERO DE VECES DE INGRESO DE BUSES A TALLER DE REPARACIÓN

Fallo en Sistema	Número de veces de ingreso de Buses a Taller de Reparación de Empresa Transportes Chiclayo Año 2018																								
	Bus 1	Bus 2	Bus 3	Bus 4	Bus 5	Bus 6	Bus 7	Bus 8	Bus 9	Bus 10	Bus 11	Bus 12	Bus 13	Bus 14	Bus 15	Bus 16	Bus 17	Bus 18	Bus 19	Bus 20	Bus 21	Bus 22	Bus 23	Bus 24	Bus 25
Fallo sistema de inyección diesel.	4	6	5	4	4	4	5	5	5	6	6	4	3	3	3	2	5	3	4	4	4	6	4	7	3
Fallo sistema de refrigeración del motor.	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	4	2	3	5	3	5	3
Fallo sistema Eléctrico.	3	3	4	3	4	3	2	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	5	3	5	2	2	2	3
Fallo caja de velocidades.	2	2	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	3	4	3	2	3	3	3	3	2	2	1	3	2
Fallo sistema de suspensión.	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	2	1	1	1
Fallo sistema de luces.	2	2	3	2	2	2	3	3	2	3	3	3	2	2	1	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2
Fallo sistema de frenos.	3	3	3	4	4	4	5	3	3	4	4	2	2	2	4	3	3	2	3	4	4	4	3	2	3
Fallo en carrocería.	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1
Fugas de aceite en motor, caja de dirección, sistema de transmisión.	6	5	7	4	6	5	6	7	4	4	6	8	3	3	5	7	4	6	3	5	6	3	6	6	4
Total de veces	24	25	26	23	26	25	27	29	26	27	28	27	20	21	25	23	23	23	24	24	28	27	22	29	22